



GATE
Groupe d'Analyse et de Théorie Économique
UMR 5824 du CNRS



DOCUMENTS DE TRAVAIL - WORKING PAPERS

W.P. 02-05

Fiscalité, effets de voisinage et offre de travail au noir

**Taxation, neighbourhood effects and labour supply in
the underground economy**

Bernard FORTIN

Nadia JOUBERT

Guy LACROIX

Juin 2002

GATE Groupe d'Analyse et de Théorie Économique
UMR 5824 du CNRS
93 chemin des Mouilles – 69130 Écully – France
B.P. 167 – 69131 Écully Cedex
Tél. +33 (0)4 72 86 60 60 – Fax +33 (0)4 72 86 60 90
Messagerie électronique gate@gate.cnrs.fr
Serveur Web : www.gate.cnrs.fr

Fiscalité, effets de voisinage et offre de travail au noir

Taxation, neighbourhood effects and labour supply in the underground economy

Bernard Fortin
CREFA¹

Nadia Joubert
GATE

Guy Lacroix
CREFA

Résumé

Ce papier examine l'impact de la fiscalité et du comportement de l'entourage sur la décision individuelle de travailler sur le marché régulier et sur le marché irrégulier. Un modèle théorique d'offre de travail est développé. Nous spécifions ensuite une fonction d'utilité quadratique afin d'imposer un minimum de structure aux préférences individuelles. Les estimations des paramètres de cette fonction d'utilité sont obtenus par la méthode du maximum de vraisemblance à information complète. Nous estimons un système d'équations simultanées comprenant en particulier les heures de travail sur chacun des deux marchés, le revenu "virtuel" hors-travail, le salaire net sur le marché régulier et le salaire espéré sur le marché irrégulier. Nous procédons aux estimations économétriques sur données individuelles canadiennes tirées d'une enquête menée en 1994. Nos résultats confirment l'hypothèse de comportement interdépendant dans le choix de l'activité et la présence d'interactions sociales dans les décisions.

Mots clefs : économie souterraine, décision sous incertitude, interdépendance des comportements, maximum de vraisemblance à information complète.

This paper investigates the impact of tax system and interdependent behaviour on the individual decision to work in the regular and irregular labour markets. We first develop a theoretical labour supply model and in order to impose a minimum structure of preferences, we specify a quadratic utility function. The parameter estimates are estimated from full information maximum likelihood method. We estimate a simultaneous equation system corresponding to hours worked in both market, virtual non-wage income, regular net wage and expected irregular wage. We proceed to econometric estimations on a unique microdata set from randomized survey conducted in Canada during 1994. Our results confirm the interdependent behaviour hypothesis in the choice of activity and the existence of social interactions in the decision.

Keywords : underground economy, decision under uncertainty, interdependent behaviour, full information maximum likelihood.

Jel Code : C34, D81,H26, J22.

¹ Centre de Recherche en Economie et Finances Appliquées, Département d'Economie, Université Laval, Canada.

1 Introduction

La théorie standard de la fraude fiscale montre que, sous certaines conditions, l'individu peut être incité à travailler sur un marché irrégulier de façon à réduire son fardeau fiscal ou à préserver ses prestations sociales (e.g., Cowell, 1985). Dans cette approche, les heures irrégulières offertes dépendent des taux de rémunération net sur les marchés régulier et irrégulier, de la probabilité d'être contrôlé par les autorités gouvernementales et du taux de pénalité en cas de détection. En outre, il importe de tenir compte de la substituabilité imparfaite entre les heures de travail régulières et irrégulières dans les préférences du travailleur en raison, par exemple, de l'opprobre social associé à un comportement de fraude fiscale. Relié à ce dernier point, on doit s'attendre à ce que les décisions de travailler sur le marché irrégulier soient affectées par des effets de voisinage. Dans la mesure où le groupe auquel l'individu s'identifie a une forte propension à travailler sur ce marché, l'individu aura probablement plus d'incitations à y participer également.

L'analyse économétrique de l'offre de travail irrégulier pose cependant plusieurs questions très délicates à résoudre. En premier lieu, il est très difficile d'obtenir des données fiables sur la participation à l'économie souterraine, puisque les personnes sondées ont souvent peu d'intérêt à dévoiler la vérité. En second lieu, certaines variables telles que la probabilité de contrôle et le taux de pénalité sont difficilement mesurables. En outre, il faut s'attendre à ce que l'individu réagisse non pas aux valeurs objectives de ces variables mais plutôt à la perception subjective qu'il en a. Enfin, le modèle économétrique doit tenir compte de plusieurs régimes (quatre) associés aux décisions de travailler ou non sur le marché régulier et le marché irrégulier. La présence de ces quatre régimes rend la fonction de vraisemblance à maximiser particulièrement complexe.

Lacroix et Fortin (1992) ont analysé simultanément l'offre de travail sur le marché régulier et le marché irrégulier à partir d'un modèle structurel fondé sur la maximisation de l'espérance de l'utilité. Leur modèle tient compte des solutions de coin sur les deux marchés et de l'endogénéité des taux de rémunération bruts. Les données sont obtenues à partir d'une enquête réalisée en 1986 sur 2 134 personnes de la Ville de Québec. Ces données incluent des questions sur la probabilité subjective d'être contrôlé et le taux de pénalité en cas de fraude. Leurs résultats confirment l'impact positif du taux de taxation effectif des revenus de travail sur l'offre de travail irrégulier ainsi que l'impact négatif de la probabilité de détection et du taux d'amende sur cette décision.

La présente étude a pour but d'élargir ce travail dans plusieurs directions. En premier lieu, nous exploitons une enquête semblable à celle utilisée par ces auteurs mais élargie cette fois à trois régions du Québec (Montréal, Québec et Bas-du-Fleuve) et comprenant près du double d'individus (5 112), ce qui peut améliorer la fiabilité des résultats et permettra de tester la robustesse des paramètres estimés par Lacroix et Fortin. En second lieu, les données incluent une variable subjective indiquant la proportion des personnes travaillant sur le marché régulier dans l'entourage de l'individu. Cette variable sera utilisée pour évaluer l'importance des effets de voisinage dans les décisions de l'individu. En troisième lieu, Lacroix et Fortin utilisent une méthode en deux étapes pour estimer leur modèle. Ils estiment d'abord les taux de salaire sur chacun des deux marchés (avec correction pour biais de sélection) et ils estiment ensuite les fonctions d'offre de travail en tenant compte des

quatre régimes après avoir remplacé les taux de salaire par les taux de salaire prédits dans la première étape. Or, cette méthode soulève certaines difficultés puisque les écart-types estimés des estimateurs de la deuxième étape sont en général biaisés (Pagan, 1984). Dans la présente étude, nous estimons le modèle à partir d'une méthode de maximum de vraisemblance à information complète, ce qui permet d'obtenir des estimateurs asymptotiquement convergents de la matrice de variance-covariance des coefficients estimés du modèle. Cela permet ainsi d'effectuer des tests d'hypothèse non-biaisés sur les paramètres du modèle.

Enfin, notre approche économétrique permet d'endogénéiser les variables subjectives de probabilité et d'amende. Ces deux variables peuvent en effet être sujettes à un biais potentiellement important de dissonance cognitive. Selon la théorie de la dissonance cognitive empruntée à Akerlof et Dickens (1982), les individus ont des préférences quant à l'état de la nature et quant à leurs croyances en l'état de la nature. Elle nous enseigne, en outre, qu'ils peuvent exercer un certain contrôle sur leurs croyances. Ils peuvent, en effet, manipuler leurs croyances en sélectionnant les sources d'information qui confirment leurs désirs. Tout comme les travailleurs d'emplois dangereux sous-estiment le danger inhérent à leur activité, les participants à l'économie souterraine peuvent se convaincre du caractère peu risqué de l'activité non-déclarée. Ils rejettent généralement tout sentiment d'insécurité en déclarant de faibles probabilités de sanctions. Par conséquent, le risque de détection et l'amende associée sont endogènes à la participation au marché irrégulier et doivent être traitées comme telles. La procédure économétrique que nous développons dans cet article tient compte de l'endogénéité de ces paramètres.

Le modèle prend la forme d'un système de six équations simultanées non-linéaires dérivées d'une fonction d'utilité quadratique, avec possibilité de solutions de coin sur l'un et/ou l'autre des marchés. Il comprend les heures de travail sur chacun des deux marchés, le revenu "virtuel" hors-travail, le salaire net sur le marché régulier et le salaire espéré sur le marché irrégulier. La technique économétrique traite de la non-linéarité de la contrainte budgétaire associée à la présence de la fiscalité et des programmes sociaux et tient compte de l'endogénéité des taux marginaux effectifs de taxation. Nous procédons aux estimations économétriques sur données individuelles canadiennes provenant de l'enquête "Etude sur les effets et les perceptions de la taxation au Québec en 1994".

La structure de l'article est la suivante. Le modèle théorique d'offre de travail est exposé à la *section 1*. La spécification empirique retenue est présentée à la *section 2*. À la *section 3*, nous élaborons la stratégie d'estimation du modèle. La *section 4* décrit la base de données et les transformations nécessaires des variables. Les résultats empiriques sont présentés et analysés à la *section 5*. Enfin, nous concluons à la *section 6*.

2 Le modèle théorique

Notre modèle est basé sur un modèle d'offre de travail avec coûts associés à l'activité irrégulière. Il s'inspire des travaux de Moffit (1983) et de Lacroix et Fortin (1992). Il inclut les paramètres standards des modèles de fraude avec revenu endogène (Cowell, 1990).

Nous considérons la participation au marché irrégulier comme un acte pouvant provoquer une perte d'utilité à l'individu différente de celle découlant de la participation sur le marché régulier. Or, de nombreuses études imposent la substitution parfaite entre les heures de travail sur chacun des deux marchés. Dans ce cas, la désutilité marginale des heures de travail sur les deux marchés est supposée la même. La fonction d'utilité s'écrit $U = U(h_1 + h_2, C)$ où h_1 et h_2 représentent les heures de travail sur les marchés régulier et irrégulier respectivement et où C représente la consommation. Cependant, certains auteurs (Hansson 1985, Baldry 1986, Lacroix 1990) soutiennent que tel n'est pas le cas. En effet, alors que le plaisir de frauder pourrait réduire, pour certains individus, la désutilité marginale de h_2 par rapport à h_1 , l'immoralité associée au travail irrégulier et l'opprobre social manifesté à son égard peuvent contribuer à accroître la désutilité marginale de h_2 relativement à h_1 . Par conséquent, nous avons retenu une fonction d'utilité plus générale donnée par :

$$U = U(h_1, h_2, C) \quad (1)$$

Cette fonction n'impose pas la substitution parfaite entre les deux types d'heures de travail. Elle est, de plus, supposée strictement concave, croissante en C et décroissante en h_1 et h_2 . La concavité que l'individu est averse au risque.

Par ailleurs, la nature dissimulée de l'activité irrégulière implique une limitation de son ampleur. Une fonction de gains non déclarés de type Cobb-Douglas et reliant ceux-ci aux heures non-déclarées pourrait être envisagée, tandis que les rémunérations du travail déclaré seraient modélisées par une fonction linéaire (Lemieux *et al.*, 1994). Néanmoins, afin de rendre compte explicitement d'un coût variable lié à l'activité irrégulière, nous imposons une même forme fonctionnelle linéaire aux gains issus du marché irrégulier et du marché régulier.

Le travail irrégulier est rémunéré au taux w_2 et permet à l'individu d'échapper à l'imposition. Mais, il encourt le risque d'être contrôlé par les autorités fiscales -ce qui survient avec une probabilité p . Il subit alors un redressement au taux de pénalité θ (avec $\theta > \tau$). Lorsque la pénalité s'applique sur les revenus dissimulés (Allingham et Sandmo, 1972), θ est fixe alors que lorsqu'elle s'applique sur l'impôt fraudé (Yitzhaki, 1974), on a : $\theta = (1 + \lambda)\tau$ où τ est le taux de pénalité sur ce montant d'impôt fraudé. L'incertitude liée à la détection sur le marché irrégulier et l'amende qui y est rattachée rendent la contrainte budgétaire aléatoire, de sorte que celle-ci s'écrit :

$$C = y + w_1 h_1 + w_2 h_2 \quad (2)$$

où y est le revenu non salarial, w_1 est le salaire régulier net et w_2 est la rémunération nette de l'activité irrégulière. Dans un premier temps, nous supposons que le salaire brut W_1 d'une activité régulier le est taxé à un taux τ proportionnel au revenu déclaré, i.e. $w_1 = W_1(1 - \tau)$. Le salaire net sur le marché irrégulier est aléatoire, ainsi:

$$w_2 = \begin{cases} W_2 & \text{avec probabilité } (1 - p) \\ W_2(1 - \theta) & \text{avec probabilité } p \end{cases} \quad (3)$$

L'individu est supposé maximiser son espérance d'utilité sous cette contrainte, en choisissant soit de participer, soit de ne pas participer, et en déterminant l'intensité de ses heures de travail. Il doit, à la fois, déterminer sa prestation totale de travail, puis décomposer celle-ci en une prestation sur chacun des marchés. Cette dernière décision est analogue à un choix de portefeuille, dans la mesure où un compromis doit être effectué entre un rendement incertain sur le marché irrégulier et un rendement certain sur le marché régulier. Néanmoins, nous admettons la possibilité pour l'individu de cumuler un emploi régulier et un emploi irrégulier. Il peut exercer quelques heures sur le marché régulier et décider de participer ou non à une activité irrégulière.

Une contrainte de non-négativité est imposée sur les heures de travail dans chacun des marchés, de sorte que: $h_1 \geq 0$ et $h_2 \geq 0$.

Sous l'hypothèse que les axiomes de von Neuman-Morgenstern sous incertitude sont satisfaits, le programme à résoudre est alors le suivant:

$$\max_{\{h_1, h_2, C\}} EU(h_1, h_2, C) \quad (4)$$

sous les contraintes de budget et de non-négativité sur h_1 et h_2 . E est l'opérateur d'espérance mathématique.

Dans la mesure où la contrainte budgétaire (2) est respectée avec égalité stricte (en l'absence de saturation des préférences), il est possible de la substituer dans (4) et d'exprimer la fonction d'utilité espérée en termes de h_1 et h_2 et des variables exogènes. Les utilités marginales nettes des heures de travail sont obtenues en dérivant partiellement la fonction d'utilité espérée obtenue par rapport à h_1 et h_2 :

$$m_1(h_1, h_2, w_1, w_2, z) = EU_1 + w_1 EU_3 \quad (5)$$

$$m_2(h_1, h_2, w_1, w_2, z) = EU_2 + E(U_3 w_2) \quad (6)$$

où m_1 et m_2 représentent respectivement les utilités marginales nettes de l'activité déclarée et de l'activité non déclarée, et où z est un vecteur de variables exogènes. Les termes EU_1 et EU_2 représentent respectivement l'effet d'une hausse de h_1 et h_2 sur l'espérance de l'utilité. Par conséquent, $EU_i < 0$, avec $i = 1, 2$.

Les équations (5) et (6) nous permettent de caractériser les conditions d'optimalité du travail propres à chacun des quatre régimes sur les marchés régulier et irrégulier. Plus précisément, à l'optimum, les conditions de Kuhn-Tucker de premier ordre associées au programme (4) peuvent s'écrire de la façon suivante :

$$m_1(h_1, h_2, w_1, w_2, z) \leq 0 \quad (7)$$

$$m_2(h_1, h_2, w_1, w_2, z) \leq 0 \quad (8)$$

$$h_1[m_1(h_1, h_2, w_1, w_2, z)] = 0 \quad (9)$$

$$h_2[m_2(h_1, h_2, w_1, w_2, z)] = 0 \quad (10)$$

Les conditions de second ordre sont:

$$m_{11}(h_1, h_2, w_1, w_2, z) \leq 0 \quad (11)$$

$$m_{22}(h_1, h_2, w_1, w_2, z) \leq 0 \quad (12)$$

$$m_{11}m_{22} - (m_{12})^2 \geq 0 \quad (13)$$

Ces conditions définissent quatre régimes selon que les contraintes de non-négativité sont serrées ou non.

Le **régime 1** caractérise le cas où l'individu exerce une activité sur les deux marchés du travail, i.e. $h_1 > 0$ et $h_2 > 0$ (solutions intérieures). Les conditions impliquent que les équations (5) et (6) sont satisfaites avec égalité stricte:

$$m_1(h_1, h_2, w_1, w_2, z) = 0 \quad (14)$$

$$m_2(h_1, h_2, w_1, w_2, z) = 0 \quad (15)$$

En résolvant ces dernières équations simultanément, nous obtenons les fonctions d'offre de travail non contraintes: $h_1 = h_1(h_2, w_1, w_2, z)$ et $h_2 = h_2(h_1, w_1, w_2, z)$.

Dans le **régime 2**, l'individu travaille uniquement sur le marché régulier, i.e. $h_1 > 0$ et $h_2 = 0$ (solution intérieure en h_1 seulement et solution en coin en h_2). Par conséquent, nous avons:

$$m_1(h_1, 0, w_1, w_2, z) = 0 \quad (16)$$

$$m_2(h_1, 0, w_1, w_2, z) \leq 0 \quad (17)$$

L'équation (16) nous permet de déduire la fonction d'offre de travail régulier contrainte $h_1 = h_1(w_1, w_2, z)$.

Dans le **régime 3**, l'individu travaille uniquement sur le marché irrégulier $h_1 = 0$ et $h_2 > 0$ (solution intérieure en h_2 et solution en coin en h_1). Dans ce cas, nous obtenons:

$$m_1(0, h_2, w_1, w_2, z) \leq 0 \quad (18)$$

$$m_2(0, h_2, w_1, w_2, z) = 0 \quad (19)$$

En résolvant (19) pour h_2 , nous obtenons la fonction d'offre de travail irrégulier contrainte $h_2 = h_2(w_1, w_2, z)$.

Enfin, le **régime 4** fait référence aux individus qui n'exercent aucune activité, i.e. $h_1 = 0$ et $h_2 = 0$. Il n'y a aucune solution intérieure. Les inéquations (7) et (8) sont satisfaites de façon non stricte:

$$m_1(0, 0, w_1, w_2, z) \leq 0 \quad (20)$$

$$m_2(0, 0, w_1, w_2, z) \leq 0 \quad (21)$$

Le modèle théorique nous permet d'identifier les différents paramètres de décision pour l'exercice d'une activité irrégulière. Néanmoins, il ne nous permet pas de déterminer les

effets nets des différents paramètres sur l'offre de travail. La stratégie optimale consiste alors à imposer des contraintes sur les préférences, puis de les tester, lorsque cela est possible. Spécification empirique

Nous spécifions, en premier lieu, une forme fonctionnelle à la fonction d'utilité et aux équations de salaire et de revenu virtuel hors-travail. Les caractéristiques socio-démographiques et les différences non observables entre individus sont ensuite introduites dans le modèle par des composantes aléatoires.

2.1 Une fonction d'utilité quadratique

La spécification d'une forme fonctionnelle appropriée se heurte à la volonté de rendre compte de la réalité, le plus fidèlement possible, tout en répondant à des conditions de faisabilité économétrique. Stern (1986) et Ransom (1987) ont montré qu'une fonction d'utilité quadratique est suffisamment flexible pour être considérée comme une approximation de second ordre à toute fonction d'utilité. En outre, les fonctions d'utilité marginales, qui en découlent, sont linéaires dans les paramètres, ce qui simplifie considérablement les estimations.

Afin d'estimer notre modèle et suivant en cela Lacroix et Fortin (1992), nous retenons la forme fonctionnelle suivante :

$$U(x) = \alpha'x + \frac{1}{2}x'\beta x \quad (22)$$

où $x = (h_1, h_2, C)'$, α' est un vecteur de paramètres de dimension 3x1 et β est une matrice de paramètres 3x3.

Dans la mesure où β est semi-définie négative et symétrique, U est concave. Les fonctions d'utilité marginales, linéaires en x , sont égales à $\alpha + \beta x$. Elles ne sont pas monotones, en général, de sorte que la consommation peut affecter négativement l'utilité pour certaines valeurs de x et que les heures de travail (h_1 et h_2) peuvent l'affecter positivement. Les utilités marginales nettes (5) et (6) sont obtenues en remplaçant la consommation C par son expression dans chaque état de la nature :

$$\begin{aligned} EU(x) = & \alpha_1 h_1 + \alpha_2 h_2 + \alpha_3 (y + w_1 h_1 + h_2 E w_2) + \frac{1}{2} \beta_{11} h_1^2 \\ & + \beta_{12} h_1 h_2 + \beta_{13} h_1 (y + w_1 h_1 + h_2 E w_2) + \frac{1}{2} \beta_{22} h_2^2 + \beta_{23} h_2 (y + w_1 h_1 + h_2 E w_2) \\ & + \frac{1}{2} \beta_{33} E (y + w_1 h_1 + h_2 E w_2)^2 \end{aligned} \quad (23)$$

A partir de (23), on obtient :

$$\begin{aligned} m_1(h_1, h_2, w_1, w_2, z) = & \alpha_1 + \alpha_3 w_1 + \beta_{11} h_1 + \beta_{12} h_2 \\ & + \beta_{13} (y + 2w_1 h_1 + h_2 E w_2) + \beta_{23} w_1 h_2 + \beta_{33} w_1 (y + w_1 h_1 + h_2 E w_2) \end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned} m_2(h_1, h_2, w_1, w_2, z) = & \alpha_2 + \alpha_3 E w_2 + \beta_{12} h_1 + \beta_{13} h_1 E w_2 \\ & + \beta_{22} h_2 + \beta_{23} (y + w_1 h_1 + 2h_2 E w_2) + \beta_{33} [(y + w_1 h_1) E w_2 + h_2 E w_2^2] \end{aligned} \quad (25)$$

Les conditions locales de second ordre sont:

$$\frac{\partial^2 EU}{(\partial h_1)^2} = \beta_{11} + 2\beta_{13} w_1 + \beta_{33} w_1^2 \leq 0 \quad (26)$$

$$\frac{\partial^2 EU}{(\partial h_2)^2} = \beta_{22} + 2\beta_{23}Ew_2 + \beta_{33}Ew_2^2 \leq 0 \quad (27)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 EU}{\partial h_1 \partial h_2} &= (\beta_{11} + 2\beta_{13}w_1 + \beta_{33}w_1^2) (\beta_{22} + 2\beta_{23}Ew_2 + \beta_{33}Ew_2^2) \\ &\quad - (\beta_{12} + \beta_{13}Ew_2 + \beta_{23}w_1 + \beta_{33}w_1Ew_2)^2 \geq 0 \end{aligned} \quad (28)$$

où $Ew_2 = W_2(1 - \theta p)$ et $Ew_2^2 = (1 - p)W_2^2 + pW_2^2(1 - \theta)^2 = W_2^2(1 + p\theta^2 - 2p\theta)$.

Ces conditions sont globalement satisfaites si la matrice β est semi-définie négative (concavité de $U(x)$). Les conditions globales de second ordre sont les suivantes :

$$\begin{aligned} \beta_{11} &< 0 \\ \beta_{11}\beta_{22} - \beta_{12}^2 &> 0 \end{aligned} \quad (29)$$

$$\beta_{11}\beta_{22}\beta_{33} - \beta_{11}\beta_{23}^2 - \beta_{12}^2\beta_{33} + 2\beta_{12}\beta_{13}\beta_{23} - \beta_{13}^2\beta_{22} < 0$$

Les fonctions d'offre de travail du régime 1 sont obtenues en égalisant (25) et (26) à zéro et en solvant pour h_1 et h_2 (voir équation A.1 et A.2 de l'annexe A). Ces fonctions admettent un rebroussement puisqu'elles sont non linéaires en w_1 , Ew_2 et Ew_2^2 . De plus, en posant respectivement $h_2 = 0$ dans (25) et $h_1 = 0$ dans (26), et en substituant (25) et (26) dans (16) et (19), nous obtenons les fonctions d'offre associées aux régime 2 et 3 respectivement (voir les équations A.3 et A.4 de l'annexe A).

2.2 Revenu hors-travail virtuel et taux de taxation endogène

L'interaction des systèmes d'imposition et de transfert donne lieu à une contrainte budgétaire linéaire par segment. En conséquence, le taux marginal d'imposition auquel fait face un individu est endogène. Un modèle comptable de la fiscalité et des transferts québécois a été utilisé. Celui-ci calcule le taux marginal d'imposition et l'impôt net des transferts. Le revenu hors-travail virtuel, quant à lui, a été calculé à partir des salaires et traitements, des revenus de placement et gains nets en capital, et des diverses prestations.

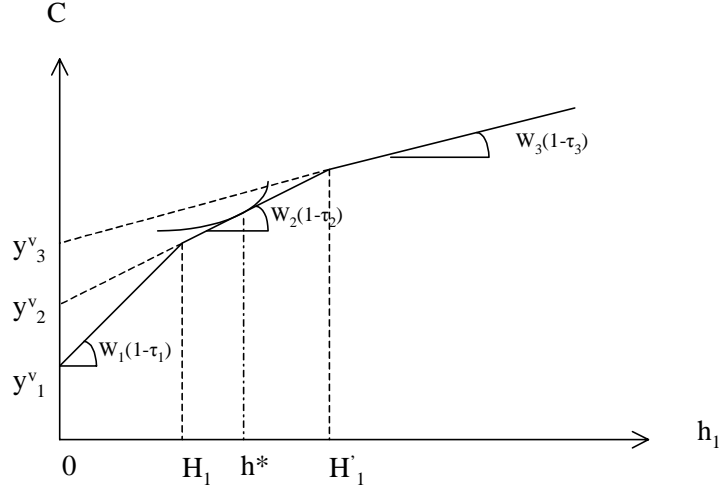
A l'instar de Hausman (1978), le revenu hors-travail virtuel y^v est défini de la façon suivante :

$$y^v = y + \tau w_1 h_1 - T \quad (30)$$

où y est le revenu hors-travail de l'individu, T définit le montant de l'impôt net des transferts et τ le taux marginal effectif de taxation sur les revenus du travail. Ces deux derniers éléments sont fonction du salaire brut global $w_1 h_1$.

La figure 1 ci-dessous présente le cas d'un impôt sur le revenu de travail progressif, en présence de programmes sociaux et en supposant l'absence de revenu irrégulier. Trois taux d'imposition marginaux τ_1 , τ_2 et τ_3 conduisent à trois salaires marginaux nets w_1, w_2 et w_3 respectivement. La transition entre les taux d'imposition τ_1 et τ_2 se produit à H_1 heures de travail et celle entre τ_2 et τ_3 à H'_1 heures de travail. Une mesure du revenu hors-travail virtuel est associée à chaque taux d'imposition. Elle correspond au prolongement de

la droite de salaire net sur l'axe des ordonnées. Cela revient à considérer une contrainte budgétaire linéaire, qui est tangente à l'ensemble budgétaire associé au nombre d'heures de travail observées (Hall, 1973). Ainsi, nous supposons qu'un travailleur se comporte comme s'il faisait face à un unique taux de salaire et un revenu virtuel unique. En effet, l'individu décide d'offrir un nombre d'heures de travail h^* au taux de salaire net w_2 , étant donnée l'existence de l'impôt progressif. Il devrait également choisir le même nombre d'heures de travail h^* s'il recevait un revenu virtuel hors-travail de y_2^v et pouvait être rémunéré au taux de salaire net de w_2 .



Impôt progressif sur les revenus de travail

L'effet d'une fiscalité progressive est de créer un ensemble budgétaire quasi-convexe, linéaire par segment. Le barème fiscal engendre des coudes caractérisant les différentes tranches d'imposition liées au niveau de revenu imposable de l'individu. La quasi-convexité de la contrainte budgétaire est également induite par la présence de revenus de transferts.

Le principal problème économétrique est, par conséquent, la multiplicité des taux de salaire nets auxquels l'individu fait face lorsqu'il détermine son offre de travail. Nous linéarisons la contrainte budgétaire de sorte que le revenu hors-travail doit être remplacé par le revenu virtuel. Afin d'endogénéiser le revenu hors-travail virtuel, spécifions l'équation suivante :

$$y^v = X_3' \Psi_1 + \varepsilon_3 \quad (31)$$

En ce qui concerne les couples, nous avons appliqué différentes règles de partage du revenu hors-travail. La première des règles consistait en une répartition égalitaire du revenu hors-travail virtuel entre les membres du ménage. La seconde règle consiste à attribuer une part du revenu hors-travail proportionnelle aux salaires reçus par chacun des époux. Enfin, la troisième règle repose sur le résultat obtenu par Chiappori, Fortin et Lacroix (2001), à savoir une répartition à hauteur de 70% pour la femme et de 30% pour l'homme.

Dans un premier temps, la dernière spécification a été retenue pour nos estimations.

2.3 Les équations de salaire

A l'instar de Moffit (1984), nous spécifions les équations de salaires linéaires suivantes:

$$\begin{aligned} w_1 &= w_1(X'_4, h_1, \varepsilon_4) \\ &= X'_4 \Psi_2 + \varepsilon_4 \end{aligned} \quad (32)$$

$$\begin{aligned} Ew_2 &= w_2(X'_5, h_2, \varepsilon_5) \\ &= X'_5 \Psi_3 + \varepsilon_5 \end{aligned} \quad (33)$$

$$\begin{aligned} E(w_2^2) &= w_2(X'_6, h_2, \varepsilon_6) \\ &= X'_6 \Psi_4 + \varepsilon_6 \end{aligned} \quad (34)$$

où X'_i est un vecteur de caractéristiques socio-économiques exogènes et ε_1 est un terme d'erreur. La linéarité de ces équations facilitera l'estimation économétrique du modèle.

Dans la mesure où h_1 et h_2 sont positifs dans le régime 1, les équations de salaire associées à ce régime correspondent aux équations (35), (36) et (37) ci-dessus. En revanche, dans le régime 2 nous observons uniquement le salaire obtenu sur le marché régulier et pour le régime 3, nous observons uniquement le salaire de l'activité non déclarée. Enfin, dans le régime 4 nous n'observons aucune rémunération puisque l'individu n'exerce aucune activité. Les conditions relatives à ces trois derniers régimes sont reportées à l'annexe C.

2.4 Une structure stochastique

Les attributs socio-démographiques et les différences non observables entre individus sont introduits dans le modèle en décomposant les coefficients α_1 et α_2 en une partie déterministe et une partie aléatoire. A l'instar de Ransom (1987), les différences dans les préférences entre individus sont pris en compte en réécrivant α_1 et α_2 ainsi:

$$\alpha_1 = \bar{\alpha}_1 + X'_1 \delta_1 + \varepsilon_1 \quad (35)$$

$$\alpha_2 = \bar{\alpha}_2 + X'_2 \delta_2 + \varepsilon_2 \quad (36)$$

où $\bar{\alpha}_i$ est une constante, X_i un vecteur de caractéristiques socio-démographiques, et δ_i est un vecteur de paramètres à estimer, avec $i = 1, 2$. Les termes aléatoires ε_1 et ε_2 sont introduits pour tenir compte de l'hétérogénéité non-observable dans les préférences. Ces perturbations sont supposées normales, de moyenne zéro et de matrice de covariance Σ où

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \rho\sigma_1\sigma_2 \\ \rho\sigma_1\sigma_2 & \sigma_2^2 \end{pmatrix} \quad (37)$$

2.5 Estimation du modèle

Parmi les difficultés liées à l'estimation du modèle figurent l'absence d'information sur les salaires des individus qui ne travaillent pas sur l'un ou l'autre des marchés ainsi que l'endogénéité des taux marginaux d'imposition, du revenu "virtuel" hors-travail et des

salaires sur les deux marchés du travail. Nous avons choisi de résoudre ces problèmes en procédant aux estimations par la méthode de maximisation de la fonction de vraisemblance à information complète. Ainsi, nous étudions simultanément les comportements sur les marchés régulier et irrégulier en tenant compte des problèmes liés aux équations simultanées avec variables endogènes censurées.

Dans une première étape, nous présenterons la fonction de vraisemblance associée aux quatre états possibles. Puis, nous développerons la procédure d'estimation utilisée.

2.6 La fonction de vraisemblance

Dans le **régime 1**, l'individu travaille sur les deux marchés ($h_1 > 0$ et $h_2 > 0$). En utilisant les équations (25) et (26), la fonction de densité jointe des heures de travail et des salaires sur les deux marchés est:

$$g_1(h_1, h_2, y^v, w_1, Ew_2, Ew_2^2) = f(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4, \varepsilon_5, \varepsilon_6) |J_1| \quad (38)$$

où $|J_1|$ représente la valeur absolue du déterminant de la matrice jacobienne de la transformation des termes inobservés $(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4, \varepsilon_5, \varepsilon_6)$ en termes observés $(h_1, h_2, y^v, w_1, Ew_2, Ew_2^2)$.

La densité de probabilité associée au premier régime se caractérise de la manière suivante:

$$\begin{aligned} g_1(h_1, h_2, y^v, w_1, Ew_2, Ew_2^2) = & f(\varepsilon_1(h_1, h_2, y^v, w_1, Ew_2, X_1), \\ & \varepsilon_2(h_1, h_2, y^v, w_1, Ew_2, Ew_2^2, X_2), \\ & \varepsilon_3(y^v, X_3'), \varepsilon_4(w_1, h_1, X_3'), \\ & \varepsilon_5(Ew_2, h_2, X_4'), \varepsilon_6(Ew_2^2, h_2, X_6')) |J_1| \end{aligned} \quad (39)$$

$$\begin{aligned} P = & f(-\tilde{\alpha}_1 - X_1'\delta_1 - \alpha_3 w_1 - \beta_{11} h_1 - \beta_{12} h_2 - \beta_{13}(y^v + 2w_1 h_1 + h_2 Ew_2) \\ & - \beta_{23} w_1 h_2 - \beta_{33} w_1 (y^v + w_1 h_1 + h_2 Ew_2), \\ & - \tilde{\alpha}_2 - X_2'\delta_2 - \alpha_3 Ew_2 - \beta_{12} h_1 - \beta_{13} h_1 Ew_2 - \beta_{22} h_2 \\ & - \beta_{23}(y^v + w_1 h_1 + 2h_2 Ew_2) - \beta_{33}[(y^v + w_1 h_1)Ew_2 + h_2 Ew_2^2], \\ & y^v - X_5'\Psi_4, w_1 - X_3'\Psi_1, Ew_2 - X_4'\Psi_2, Ew_2^2 - X_6'\Psi_3) |J_1| \end{aligned}$$

et $|J_1|$ s'écrit:

$$|J_1| = \begin{vmatrix} \Delta_{11} & \Delta_{12} & \Delta_{13} & \Delta_{14} & \Delta_{15} & 0 \\ \Delta_{21} & \Delta_{22} & \Delta_{23} & \Delta_{24} & \Delta_{25} & \Delta_{26} \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (40)$$

où

$$\begin{aligned} \Delta_{11} &= -\beta_{11} - 2\beta_{13}w_1 - \beta_{33}w_1^2 \\ \Delta_{12} &= -\beta_{12} - \beta_{13}Ew_2 - \beta_{23}w_1 - \beta_{33}w_1 Ew_2 \\ \Delta_{13} &= -\beta_{13} - \beta_{33}w_1 \\ \Delta_{14} &= -\alpha_3 - 2\beta_{13}h_1 - \beta_{23}h_2 - \beta_{33}[(y^v + 2w_1 h_1 + h_2 Ew_2)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta_{15} &= -\beta_{13}h_2 - \beta_{33}w_1h_2 \\
\Delta_{21} &= -\beta_{12} - \beta_{13}Ew_2 - \beta_{23}w_1 - \beta_{33}w_1Ew_2 \\
\Delta_{22} &= -\beta_{22} - 2\beta_{23}Ew_2 - \beta_{33}Ew_2^2 \\
\Delta_{23} &= -\beta_{23} - \beta_{33}Ew_2 \\
\Delta_{24} &= -\beta_{23}h_1 - \beta_{33}h_1Ew_2 \\
\Delta_{25} &= -\alpha_3 - \beta_{13}h_1 - 2\beta_{23}Ew_2 - \beta_{33}(y^v + w_1h_1) \\
\Delta_{26} &= -\beta_{33}h_2
\end{aligned}$$

Dans le **régime 2**, l'individu travaille uniquement sur le marché officiel ($h_1 > 0$ et $h_2 = 0$). La probabilité de n'exercer qu'un emploi déclaré est:

$$\begin{aligned}
P(h_1 > 0, h_2 = 0) &= \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{\varepsilon_2^*} f(-\tilde{\alpha}_1 - X'_1\delta_1 - \alpha_3w_1 - \beta_{11}h_1 \\
&\quad - \beta_{13}(y^v + 2w_1h_1) - \beta_{33}w_1(y^v + w_1h_1), \\
&\quad \varepsilon_2, y^v - X'_5\Psi_4, w_1 - X'_3\Psi_1, \\
&\quad \varepsilon_5, \varepsilon_6) d\varepsilon_2 d\varepsilon_5 d\varepsilon_6 |J_2|
\end{aligned} \tag{41}$$

La fonction cumulative est :

$$g_2(h_1, y^v, w_1) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{\varepsilon_2^*} f(h_1, \varepsilon_2, y^v, w_1, \varepsilon_5, \varepsilon_6) d\varepsilon_2 d\varepsilon_5 d\varepsilon_6 |J_2| \tag{42}$$

où $|J_2|$ représente la valeur absolue de déterminant de la matrice jacobienne de la transformation des termes inobservés $(\varepsilon_1, \varepsilon_3, \varepsilon_4)$ en termes observés (h_1, y^v, w_1) :

$$|J_2| = \begin{vmatrix} \Delta_{11} & \Delta_{12} & \Delta_{13} \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \tag{43}$$

où

$$\begin{aligned}
\Delta_{11} &= -\beta_{11} - 2\beta_{13}w_1 - \beta_{33}w_1^2 \\
\Delta_{12} &= -\beta_{13} - \beta_{33}w_1 \\
\Delta_{13} &= -\alpha_3 - 2\beta_{13}h_1 - \beta_{33}(y^v + 2w_1h_1)
\end{aligned}$$

et où ε_2^* est tel que $m_2(h_1, 0, y^v, w_1, Ew_2, Ew_2^2, X_2, \varepsilon_2^*) = 0$:

$$\begin{aligned}
\varepsilon_2^* &= -\tilde{\alpha}_2 - X'_2\delta_2 - (X'_4\Psi_2)(\alpha_3 + \beta_{13}h_1 + \beta_{33}(y^v + w_1h_1)) - \beta_{12}h_1 \\
&\quad - \beta_{23}(y^v + w_1h_1) - \varepsilon_5(\alpha_3 + \beta_{13}h_1 + \beta_{33}(y^v + w_1h_1))
\end{aligned} \tag{44}$$

Nous constatons que le terme aléatoire ε_2 est lui-même fonction du terme aléatoire ε_5 . Dans le processus d'intégration sur l'intervalle $[-\infty; \varepsilon_2^*]$, nous devons fixer une valeur de ε_5 et évaluer la fonction pour chacune des valeurs de ε_2 , puis fixer une nouvelle valeur pour ε_5 et réévaluer la fonction pour chaque valeur de ε_2 . Nous réitérons ce mode de calcul sur toutes les valeurs de ε_5 et de ε_2 afin de s'assurer que l'on balaye sur les deux dimensions.

Le **régime 3**, symétrique au deuxième, caractérise l'exercice uniquement d'un emploi non déclaré ($h_1 = 0$ et $h_2 > 0$). La probabilité d'exercer un tel emploi, quant à elle, s'écrit

de la façon suivante:

$$P(h_1 = 0, h_2 > 0) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{\varepsilon_1^*} f(\varepsilon_1, -\bar{\alpha}_2 - X'_2 \delta_2 - \alpha_3 Ew_2 - \beta_{22} h_2 - \beta_{23}(y^v + 2h_2 Ew_2) - \beta_{33}(y^v Ew_2 + h_2 Ew_2^2), y^v - X'_5 \Psi_4, \varepsilon_4, Ew_2 - X'_4 \Psi_2, Ew_2^2 - X'_6 \Psi_3) d\varepsilon_1 d\varepsilon_4 |J_3| \quad (45)$$

La fonction cumulative est la suivante :

$$g_3(h_2, y^v Ew_2 Ew_2^2) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{\varepsilon_1^*} f(\varepsilon_1, h_2, y^v, \varepsilon_4, Ew_2, Ew_2^2) d\varepsilon_1 d\varepsilon_4 |J_3| \quad (46)$$

où $|J_3|$ représente la valeur absolue du déterminant de la matrice jacobienne de la transformation des termes inobservés $(\varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_5, \varepsilon_6)$ en termes observés (h_2, y^v, Ew_2, Ew_2^2) :

$$|J_3| = \begin{vmatrix} \Delta_{11} & \Delta_{12} & \Delta_{13} & \Delta_{14} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (47)$$

où

$$\begin{aligned} \Delta_{11} &= -\beta_{22} - 2\beta_{23} Ew_2 - \beta_{33} Ew_2^2 \\ \Delta_{12} &= -\beta_{23} - \beta_{33} Ew_2 \\ \Delta_{13} &= -\alpha_3 - 2\beta_{23} h_2 - \beta_{33} y^v \\ \Delta_{14} &= -\beta_{33} h_2 \end{aligned}$$

et où ε_1^* est tel que $m_1(0, h_2, y^v, w_1, Ew_2, Ew_2^2, X_1, \varepsilon_1^*) = 0$. Autrement dit:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1^* &= -\bar{\alpha}_1 - X'_1 \delta_1 - \beta_{12} h_2 - \beta_{13}(y^v + h_2 Ew_2) \\ &\quad - (X'_3 \Psi_1)(\alpha_3 + \beta_{23} h_2 + \beta_{33}(y^v + h_2 Ew_2)) \\ &\quad - \varepsilon_4(\alpha_3 + \beta_{23} h_2 + \beta_{33}(y^v + h_2 Ew_2)) \end{aligned} \quad (48)$$

Ici encore, nous constatons que le terme aléatoire ε_1 est lui-même fonction d'un autre terme aléatoire ε_4 . Le processus d'intégration développé pour le régime 2 est reproduit afin d'évaluer la fonction de densité jointe. Nous nous garantissons ainsi de couvrir les deux dimensions correspondant aux termes d'erreur.

Dans le **régime 4**, l'individu ne travaille sur aucun marché ($h_1 = 0$ et $h_2 = 0$). La fonction cumulative est:

$$g_4(y^v) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{\varepsilon_1^{**}} \int_{-\infty}^{\varepsilon_2^{**}} f(\varepsilon_1, \varepsilon_2, y^v, \varepsilon_4, \varepsilon_5, \varepsilon_6) d\varepsilon_1 d\varepsilon_2 d\varepsilon_4 d\varepsilon_5 d\varepsilon_6$$

où ε_1^{**} est tel que $m_1(0, 0, y^v, w_1, w_2, X_1, \varepsilon_1^{**}) = 0$:

$$\varepsilon_1^{**} = -\bar{\alpha}_1 - X'_1 \delta_1 - \beta_{13} y^v - (X'_3 \Psi_1)(\alpha_3 + \beta_{33} y^v) - \varepsilon_4(\alpha_3 + \beta_{33} y^v) \quad (49)$$

et où ε_2^{**} est tel que $m_1(0, 0, y^v, w_1, w_2, X_2, \varepsilon_2^{**}) = 0$:

$$\varepsilon_2^{**} = -\bar{\alpha}_2 - X'_2 \delta_2 - \beta_{23} y^v - (X'_4 \Psi_2)(\alpha_3 + \beta_{33} y^v) - \varepsilon_5(\alpha_3 + \beta_{33} y^v) \quad (50)$$

Une nouvelle fois, les termes aléatoires ε_1 et ε_2 sont fonctions de deux autres termes aléatoires, respectivement ε_4 et ε_5 . Nous reproduisons le même processus d'intégration que pour les régimes 2 et 3 afin d'évaluer la fonction de densité jointe.

La fonction de vraisemblance associée aux quatres régimes s'écrit:

$$\begin{aligned}
L = & \prod_{i \in G_1} f(-\bar{\alpha}_1 - X'_1 \delta_1 - \alpha_3 w_1 - \beta_{11} h_1 - \beta_{12} h_2 \\
& -\beta_{13}(y^v + 2w_1 h_1 + h_2 E w_2) - \beta_{23} w_1 h_2 \\
& -\beta_{33} w_1 (y^v + w_1 h_1 + h_2 E w_2), \\
& -\bar{\alpha}_2 - X'_2 \delta_2 - \alpha_3 E w_2 - \beta_{12} h_1 - \beta_{13} h_1 E w_2 - \beta_{22} h_2 \\
& -\beta_{23}(y^v + w_1 h_1 + 2h_2 E w_2) \\
& -\beta_{33}[(y^v + w_1 h_1) E w_2 + h_2 E w_2^2], \\
& y^v - X'_5 \Psi_4, w_1 - X'_3 \Psi_1, E w_2 - X'_4 \Psi_2, \\
& E w_2^2 - X'_6 \Psi_3) |J_1| \\
& \prod_{i \in G_2} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{\varepsilon_2^*} f(-\bar{\alpha}_1 - X'_1 \delta_1 - \alpha_3 w_1 - \beta_{11} h_1 \\
& -\beta_{13}(y^v + 2w_1 h_1) - \beta_{33} w_1 (y^v + w_1 h_1), \\
& \varepsilon_2, y^v - X'_5 \Psi_4, w_1 - X'_3 \Psi_1, \varepsilon_5, \varepsilon_6) d\varepsilon_2 d\varepsilon_5 d\varepsilon_6 |J_2| \\
& \prod_{i \in G_3} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{\varepsilon_1^*} f(\varepsilon_1, -\bar{\alpha}_2 - X'_2 \delta_2 - \alpha_3 E w_2 - \beta_{22} h_2 \\
& -\beta_{23}(y^v + 2h_2 E w_2) - \beta_{33}(y^v E w_2 + h_2 E w_2^2), \\
& y^v - X'_5 \Psi_4, \varepsilon_4, E w_2 - X'_4 \Psi_2, E w_2^2 - X'_6 \Psi_3) d\varepsilon_1 d\varepsilon_4 |J_3| \\
& \prod_{i \in G_4} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{\varepsilon_1^{**}} \int_{-\infty}^{\varepsilon_2^{**}} f(\varepsilon_1, \varepsilon_2, y^v - X'_5 \Psi_4, \varepsilon_4, \varepsilon_5, \varepsilon_6) \\
& d\varepsilon_1 d\varepsilon_2 d\varepsilon_4 d\varepsilon_5 d\varepsilon_6
\end{aligned} \tag{51}$$

où

$$\begin{aligned}
G_1 &= \{h_1 > 0, h_2 > 0, w_1 > 0, E w_2 > 0, E w_2^2 > 0\} \\
G_2 &= \{h_1 > 0, h_2 = 0, w_1 > 0, E w_2 = 0, E w_2^2 = 0\} \\
G_3 &= \{h_1 = 0, h_2 > 0, w_1 = 0, E w_2 > 0, E w_2^2 > 0\} \\
G_4 &= \{h_1 = 0, h_2 = 0, w_1 = 0, E w_2 = 0, E w_2^2 = 0\}
\end{aligned}$$

2.7 Procédure d'estimation

Les paramètres de la fonction d'utilité et des équations de salaire et de revenu virtuel sont estimés en maximisant la fonction de vraisemblance (54). En pratique, il est plus aisé de maximiser le logarithme naturel de la fonction. L'équation (54) devient alors:

$$\begin{aligned}
l = \ln L = & \sum_1 \ln g_1(h_1, h_2, y^v, w_1, E w_2, E w_2^2) + \sum_2 \ln g_2(h_1, y^v, w_1) \\
& + \sum_3 \ln g_3(h_2, y^v, E w_2, E w_2^2) + \sum_4 \ln g_4(y^v)
\end{aligned} \tag{52}$$

Nous avons réécrit la fonction de densité jointe comme le produit d'une densité conditionnelle et d'une densité marginale. Cela a nous permis de réduire le niveau d'intégration à quatre. Cette expression se résume alors au produit d'une densité cumulative normale univariée et

d'une densité normale à cinq dimension.

$$\begin{aligned}
g_4(y^v) &= \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{\varepsilon_2^{**}} \left[\int_{-\infty}^{\varepsilon_1^{**}} f(\varepsilon_1 | \varepsilon_2, y^v, \varepsilon_4, \varepsilon_5, \varepsilon_6) d\varepsilon_1 \right] \\
&\quad f(\varepsilon_2, y^v, \varepsilon_4, \varepsilon_5, \varepsilon_6) d\varepsilon_2 d\varepsilon_4 d\varepsilon_5 d\varepsilon_6 \\
&\Leftrightarrow g_4(y^v) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{\varepsilon_2^{**}} \Phi(\varepsilon_1 | \varepsilon_2, y^v, \varepsilon_4, \varepsilon_5, \varepsilon_6) \\
&\quad f(\varepsilon_2, y^v, \varepsilon_4, \varepsilon_5, \varepsilon_6) d\varepsilon_2 d\varepsilon_4 d\varepsilon_5 d\varepsilon_6
\end{aligned} \tag{53}$$

Par ailleurs, le terme aléatoire ε_6 est intégré sur l'intervalle $[-\infty; +\infty]$, de sorte que sa densité est égale à 1 et n'affecte donc pas la fonction de vraisemblance. Un niveau d'intégration supplémentaire peut alors être éliminé pour les deuxième et quatrième régimes.

La procédure utilisée est la maximisation de la fonction de vraisemblance avec information complète¹.

La fonction a été maximisée par rapport à tous ses paramètres à l'aide de l'algorithme DFP (Davidon-Fletcher-Powell) pour les premières itérations et de l'algorithme BFGS (Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno) pour les itérations suivantes². Par souci de précision et pour minimiser le temps de calcul, les gradients analytiques ont été utilisés de préférence aux gradients numériques³. Les valeurs de départ ont été calculées en appliquant l'algorithme itératif Gauss-Seidel (dit de déplacements successifs) aux formes structurelles du modèle dans le cas de solutions intérieures sur les deux marchés. Essentiellement, il s'agit de contraindre certains paramètres à des valeurs arbitraires mais plausibles, et à estimer les autres par des méthodes simples telles que des moindres carrés ordinaires. Les paramètres ainsi obtenus sont fixés à leur tour, et les paramètres initialement contraints sont relâchés. La convergence des paramètres est assurée par répétition successive de la procédure. Comme nous n'utilisons que les observations du premier, deuxième et troisième régimes, ces paramètres sont, en général, biaisés en raison de la sélection de l'échantillon. Ils constituent néanmoins des valeurs de départ utiles dans les circonstances.

Dans la mesure où la fonction d'utilité est définie à une transformation affine près, un des paramètres doit être normalisé. Nous avons choisi de contraindre le paramètre α_3 à 0.25. Par le principe d'invariance de la fonction de vraisemblance, les paramètres estimés ne sont pas affectés par le choix de la normalisation. Les coefficients associés aux variables de contrôle doivent être interprétés comme mesurant l'impact de ces variables sur l'utilité marginale de

¹Il convient de noter que les paramètres obtenus par la technique du maximum de vraisemblance sont asymptotiquement efficaces.

²Ces algorithmes, qualifiés de correction de second et de troisième rang, appartiennent à la famille des algorithmes Quasi-Newton. Conçus pour éviter le calcul contraignant de la matrice hessienne, ils permettent d'écarter le problème de l'existence d'une matrice non définie négative lorsque l'estimation est relativement loin du maximum. Ces algorithmes, extrêmement efficaces, présentent d'excellentes propriétés de convergence et n'imposent pas la concavité de la fonction de vraisemblance. Néanmoins, l'approximation fournie par ces algorithmes sous-estime systématiquement les écarts-types. La matrice de variance-covariance des estimateurs ne peut donc être utilisée directement et nécessite d'être recalculée à partir de l'algorithme de Newton. Pour plus de détails, voir Judge *et al.* (1980).

³Se reporter à l'annexe D pour l'expression des gradients analytiques.

la catégorie de travail où elles apparaissent. L'interaction entre les deux marchés du travail se manifeste par l'intermédiaire du paramètre β_{12} .

3 Les données

D'un point de vue empirique, l'économie irrégulière reste un sujet d'étude relativement peu abordé. En effet, le problème de la révélation d'informations relatives aux activités non déclarées rend difficile la constitution de bases de données individuelles et explique la relative rareté des applications économétriques. Ce manque de données micro-économiques sur le comportement d'offre de travail irrégulier a souvent contraint les chercheurs à une analyse agrégée de l'ampleur du phénomène, au détriment d'un examen approfondi des motivations à exercer une activité irrégulière et des déterminants de ce choix⁴.

L'estimation du modèle développé dans la section précédente est permise par l'exploitation d'une riche base de données individuelles canadiennes. Dans ce qui suit, nous discutons des aspects méthodologiques de l'enquête et des transformations requises pour satisfaire aux exigences particulières du modèle.

3.1 L'enquête

Les données sont issues d'une enquête menée en mai 1994 dans la province du Québec. L'enquête a été réalisée par le Centre Inter-universitaire de Recherche en Analyse des Organisations (CIRANO). A cette occasion, les enquêteurs d'une agence de sondage très connue au Québec (Léger&Léger) ont été spécialement formés pour convaincre les individus de répondre aux questions posées. Le but de l'enquête était clairement exposé en insistant sur son anonymat, sa confidentialité et son caractère strictement académique. Les questionnaires étaient glissés dans une enveloppe, puis cachetés en attendant d'être collectés. Ces précautions ont assuré un taux de réponse relativement élevé compte tenu de la nature de ces activités : sur 63,8% des foyers enquêtés, au moins un individu a répondu au questionnaire. Malgré un risque évident de sous-déclaration des activités irrégulières, les données semblent être fiables.

Trois zones géographiques ont été définies afin d'assurer une représentativité spatiale du territoire. Ainsi, la première zone concerne la ville de Montréal (2027 individus) qui est la région la plus peuplée et la plus industrialisée de la Province. La deuxième zone est celle de la ville de Québec (2015 individus) qui est la capitale administrative et politique et héberge le gouvernement provincial. Enfin, la région du Bas-du-Fleuve (1093 individus), sélectionnée pour son caractère rural, constitue la dernière zone enquêtée. La méthode d'échantillonnage est basée sur l'approche des sondages par grappes aléatoires.

L'échantillon porte sur 5112 individus de 18 ans et plus, répartis dans un pourcentage de 53,5 % d'hommes et 46,5 % de femmes. Au-delà des questions traditionnelles relatives

⁴L'estimation de la taille de l'économie souterraine comporte une série de problèmes qui ne seront pas traités dans cet article.

à leurs caractéristiques individuelles, les personnes ont été interrogées sur d'éventuels emplois réguliers et/ou irréguliers qu'ils auraient occupé au cours de l'année 1993 et l'année précédente. Il convient de noter que nous qualifions les emplois de "non réguliers" lorsque leurs revenus ne sont pas déclarés aux autorités fiscales, et de "réguliers" dans le cas contraire.

Le tableau 2 résume les caractéristiques de notre sous-échantillon et décrit l'ampleur de la participation au marché irrégulier selon les catégories d'individus. Sur l'ensemble, 256 individus déclarent travailler dans l'économie irrégulière pour une moyenne de 424 heures par an et un revenu moyen de \$2,126. Le taux de participation des femmes est légèrement plus faible que celui des hommes, mais les heures conditionnelles moyennes sont plus élevées. De même, les taux de participation sont les plus élevés parmi les jeunes et les célibataires.

Par ailleurs, il convient de noter qu'un fractionnement des taux de participation par niveaux d'éducation peut conduire à des erreurs d'interprétation dans la mesure où les jeunes sont plus éduqués que les plus âgés. La relation peut alors simplement refléter des effets de cohorte.

L'un des traits marquants de la table est également l'importante participation des étudiants, des chômeurs et des bénéficiaires de minima sociaux. Le nombre d'heure moyen des personnes au foyer est aussi significativement au-dessus de la moyenne. Les taux de participation et les heures de travail sont, en outre, négativement reliés au revenu disponible. En effet, plus les individus payent d'impôts, moins ils travaillent irrégulièrement.

Caractéristiques	Taille de l'échantillon	Pourcentage dans l'échantillon	Nombre de participants au marché noir	Taux de participation au marché noir
Sexe				
Hommes	2735	53.5	134	22.33
Femmes	2377	46.5	122	20.33
Age				
18-24	1367	26.74	114	19
25-39	1931	37.77	96	16
40-59	1358	26.56	41	6.83
60 +	456	9.00	5	0.83
Statut Marital				
Célibataire	579	11.33	33	5.50
Marié	1269	24.83	44	7.33
Famille	1534	30.00	49	8.16
Mono-parental	272	5.33	13	2.16
Avec leurs parents	1125	22.00	90	15.00
Education				
Primaire	506	9.83	13	2.16
Secondaire	1781	34.83	76	12.66
Collège	1567	30.66	95	15.83
Université	1261	24.66	72	12.00
Statut Professionnel				
Etudiant	1167	22.83	98	16.33
Retraité	511	7.83	7	1.16
Au foyer	537	10.50	23	3.83
Travailleurs	2454	48.00	94	15.66
Chômeurs	494	9.66	33	5.50
Minima sociaux				
Assurance chômage	920	18.00	42	7.00
Assistance	409	8.00	15	2.50
Niveau d'imposition				
Aucun	1559	30.50	52	8.66
Faible	673	13.16	17	2.83
Moyen	1525	29.83	30	5.00
Elevé	588	11.50	1	0.16
Heures officielles				
Contraintes	2011	39.34	135	22.50
Non contraintes	3101	60.66	121	20.16

Statistiques de l'échantillon

Enfin, il a été demandé aux individus s'ils auraient aimés travailler plus d'heures déclarées à leur taux de salaire courant. Un total de 2011 individus ont répondu "oui" (39,34% de l'échantillon). Ces personnes qui se plaignent d'être contraintes de travailler moins que ce qu'elles voudraient dans le secteur régulier travaillent moins sur ce marché que celles qui ne se plaignent pas. Les personnes contraintes ne travaillant pas dans le secteur irrégulier travaillent en moyenne 370 heures de plus que celles qui le font. Les personnes non contraintes travaillant dans le secteur irrégulier travaillent moins d'heures dans le secteur régulier que celles qui ne travaillent pas dans le secteur irrégulier. Ce sont essentiellement les hommes jeunes qui souffrent de rationnement sur le marché régulier.

En définitive, travailler sur le marché irrégulier est associé aux jeunes hommes, bien que proportionnellement plus de femmes soient présentes uniquement sur ce secteur (51%).

Le tableau 3 représente les valeurs moyennes des variables sélectionnées pour les 4 régimes considérés, selon que les individus sont rationnés ou non sur le marché régulier.

Marché non officiel	Variables	Marché officiel	
		$h_I > 0$	$h_I = 0$
$h_2 > 0$	Effectif	104	86
	Age	30.70	31.94
	Sexe (femme =1)	0.45	0.51
	y^v	13.98	3.45
	h_1	1097.69	-
	h_2	338.58	721.25
	w_1	16.97	-
	Ew_2	14.96	8.13
	Ew_2^2	877.55	143.57
$h_2 = 0$	Effectif	2893	1576
	Age	37.07	49.72
	Sexe (femme =1)	0.50	0.57
	y^v	21.31	4.91
	h_1	1569.51	-
	h_2	-	-
	w_1	13.78	-
	Ew_2	-	-
	Ew_2^2	-	-

Moyenne des variables sélectionnées, par régime

N.B. : p et θ ne sont pas discutés dans la calcul de Ew_2 et Ew_2^2 .

Les personnes qui exercent une activité irrégulière travaillent en moyenne moins d'heures sur le marché régulier que celles qui se consacrent exclusivement à une activité déclarée. De même, la participation au marché irrégulier est plus élevée lorsqu'elles ne travaillent pas sur le marché régulier. Mais, dans ce cas, leur salaire horaire irrégulier est moindre. Leur revenu virtuel hors-travail est plus faible que celui des personnes qui travaillent sur le marché régulier. Ce revenu est le plus important pour les personnes travaillant de façon déclarée et n'exerçant pas d'activité dissimulée.

3.2 Transformation des variables

Parmi les variables explicatives, nous distinguons les caractéristiques individuelles objectives et les croyances subjectives relatives à l'économie irrégulière. Nous prenons en considération non seulement le sexe, l'âge, le niveau d'éducation, la situation matrimoniale, le nombre d'enfant, les caractéristiques professionnelles, la situation financière des individus, mais également leur sentiment sur l'exercice d'une activité dissimulée et le jugement que, selon eux, la société porte sur ce phénomène. Ces dernières nous permettent d'appréhender partiellement l'effet de voisinage dans le choix de l'activité.

3.2.1 Variables subjectives

L'enquête présente une évaluation par les individus du pourcentage de la population active participant à l'économie irrégulière (PROPOR) et le pourcentage de participants parmi les personnes de son entourage (PROPOREN). De même, l'évaluation du fardeau fiscal est approché par la variable IMPOSUP correspondant au sentiment de payer trop ou trop peu d'impôt comparativement aux services publics offerts. Des questions d'ordre moral

ont également été posées. D’une part, l’exercice d’un emploi non régulier est jugé, selon une échelle de valeur, de très moral à très immoral (MORALIT). D’autre part, l’approbation ou la désapprobation de ses proches à l’annonce de l’exercice d’une activité irrégulière est évaluée par la variable REACT.

Les variables subjectives nous permettent de mettre en évidence les processus d’interactions sociales qui sous-tendent les prises de décisions individuelles. Elle reflètent l’interdépendance des comportements au sein d’un groupe d’individus et son impact sur la détermination des préférences de chacun. Néanmoins, le recours à de telles variables soulève un problème d’identification connu sous le nom de problème de réflexion (Manski, 2000). Un traitement particulier est alors requis et fera l’objet de la section suivante.

3.2.2 Taux marginal d’imposition et impôt net des transferts

La structure des programmes de transfert au Québec est telle que le taux marginal effectif d’imposition peut être supérieur en valeur absolue à 100%. Cette variable est, en effet, définie sur l’intervalle $[-133.30; 177]$. Toutefois, pour les individus ayant déclaré une activité irrégulière, nous avons fixé une borne inférieure à zéro et substitué les valeurs négatives en conséquence. Ce choix est justifié par le fait que, si $\tau < 0$, le salaire espéré irrégulier en cas de détection par les autorités fiscales est supérieur au salaire espéré irrégulier en cas de non-détection. Autrement dit, le travailleur aurait intérêt à être repéré par le fisc, ce qui paraît insensé.

3.2.3 Probabilité de détection et taux d’amende

Au cours de l’enquête, il a été demandé aux personnes interrogées d’évaluer la probabilité de détection d’une activité non déclarée et le taux de pénalité encouru. Cette information n’est utilisée que pour les travailleurs irréguliers. Elle permet d’estimer le risque d’un travail non-déclaré et, par conséquent, l’impact du système fiscal et de répression de la fraude sur l’exercice d’une activité irrégulière. Nous aurions pu exploiter les publications officielles des services fiscaux, et les divers textes de loi relatifs au travail dissimulé, pour appréhender la probabilité de détection par secteur d’activité et le montant réel des pénalités. Mais, les décisions individuelles sont probablement davantage fondées sur une évaluation subjective que sur une connaissance précise de ces éléments. Il est donc certainement plus judicieux de procéder de cette manière.

Les questions touchant à la probabilité de détection et l’amende sont de nature à soulever des problèmes d’endogénéité. Cela est dû au fait que les individus ayant travaillé sur le marché irrégulier sont susceptibles de sous-estimer les valeurs de θ et p , de façon à réduire le stress associé à cette activité. Une telle attitude est à la source d’un biais de dissonance cognitive. Toutefois, nous procédons à l’estimation de l’espérance du salaire sur le marché irrégulier et non pas à l’estimation du salaire lui-même. La probabilité de détection et l’amende encourue sont alors indirectement endogénéisés et estimés, ce qui écarte ce problème de dissonance cognitive.

La question relative à l'amende à payer pose, en revanche, un autre problème méthodologique. En effet, cette variable n'a pas de bornes naturelles, contrairement à la variable de probabilité. Ainsi, sur 1000\$ d'impôt fraudé, certains individus estiment devoir payer jusqu'à 25 000\$ d'amende additionnelle aux 1000\$ dus, soit vingt-cinq fois le montant de la fraude. Dans ces conditions, déterminer un intervalle pour le montant de l'amende relève quelque peu de l'arbitraire. Nous avons alors choisi de redéfinir cette variable de deux manières différentes. En premier lieu, nous avons fixé une borne supérieure équivalente à 100 % de la fraude, de sorte que l'amende maximale soit égale à 1000\$ en plus des 1000\$ impayés. Puis, nous avons envisager la possibilité de doubler le montant du redressement. Un traitement particulier a alors a été effectué sur les valeurs excédant 1000\$. En effet, une fonction cumulative normale centrée-réduite a été créée pour ces valeurs, de sorte que le montant de l'amende est, dans ce cas, défini sur l'intervalle $[0,2000]$. Dans le cadre de nos estimations, la dernière spécification a finalement été retenue.

En posant que la pénalité est proportionnelle à l'impôt impayé, le salaire irrégulier en cas de détection est donné par $w_2 = W_2(1 - \theta)$ avec :

$$\theta = (1 + \lambda)\tau$$

Dans ce cas, pour que l'amende ait un effet dissuasif, il faut que $\lambda > 0$. Pour les mêmes raisons de dissonance cognitive, nous pourrions constater $\lambda < 0$ pour certains individus. La valeur λ est appréhendée par une évaluation des pénalités encourues sur 1000\$ de fraude à l'impôt. En première étape, nous avons calculé les valeurs centrées et réduites, puis transformé la variable selon une fonction cumulative. Le montant de l'amende est, dans ce cas, compris sur l'intervalle $[0;1]$. Nous avons ensuite construit une variable dont le montant de l'amende est borné à 1000\$ (soit 100% du montant fraudé). Enfin, nous avons spécifié une fonction cumulative pour les valeurs excédant les 1000\$. Ces trois spécifications ont été testés et la dernière d'entre elles s'est avérée la plus pertinente pour notre étude.

Le tableau 4 ci-dessous retrace la moyenne des variables τ , λ et θ par régime.

	Régime 1	Régime 2	Régime3	Régime 4	Total
τ	0.50	0.48	0.21	0.19	0.34
λ	0.52	0.52	0.51	0.56	0.53
θ	0.76	0.73	0.32	0.30	0.53
Probabilité de détection	0.23	0.38	0.27	0.40	0.32
Nombre d'observations	104	2893	86	1576	4659

valeurs moyennes de τ , λ , θ

3.2.4 Variables de contrôle X_1 et X_2

La théorie économique ne nous permet malheureusement pas de déterminer les variables exogènes qui influencent l'utilité marginale du travail régulier et du travail irrégulier. Après plusieurs expérimentations, les variables suivantes ont été incluses dans X_1 : le nombre de

personnes dans le ménage (NBMEM), le nombre d'enfants de moins de six ans (NBENF-6), une variable muette pour le sexe (SEXE=1 pour les femmes), l'âge de la personne (AGE) et trois variables muettes pour la situation maritale (PSEULE = 1 pour les célibataires vivant seuls, CONJOINT = 1 pour les couples, MONOPAR = 1 pour les parents célibataires; la référence étant constituée par la catégorie AUTRE qui regroupe les personnes vivant chez un membre de leur famille ou en co-location). Le vecteur X_2 contient les mêmes variables auxquelles ont été ajoutées une variable d'évaluation de la proportion des travailleurs irrégulier dans l'entourage (PROPOREN est gradué de façon discrète sur l'intervalle [1;11] où 1 correspond à 0% et 11 à 100%).

3.2.5 Variables instrumentales des équations de revenu et de salaire

Après plusieurs expérimentations, nous avons retenu la variable d'âge et la variable d'âge au carré dans les équations de salaire du marché régulier et du revenu virtuel, et nous avons inclut une variable d'âge au cube pour les équations de salaire espéré irrégulier. Le degré 3 est requis pour la variable de scolarité de ces dernières équations.

Lorsque l'on estime des fonctions d'offre de travail, le salaire horaire utilisé est souvent obtenu en divisant les revenus de travail annuels par le produit des semaines de travail et des heures hebdomadaires "normales". Toute erreur de mesure sur les heures de travail introduit alors un biais sur les élasticités salariales. Les salaires horaires utilisés ici sont moins susceptibles d'être entachés de ce type de biais puisque les répondants devaient indiquer le revenu moyen durant les séquences où ils ont occupé un emploi au cours de l'année. Les salaires ont ensuite été converti sur une base horaire.

Equation de salaire du marché régulier Les variables instrumentales utilisées dans l'équation de salaire du marché régulier sont les suivantes : l'âge (AGE), l'âge au carré (AGE2), la scolarité (ANSCOL), la scolarité élevée au carré (ANSCOL2), un polynome croisant l'âge et la scolarité (AGESCOL), une variable muette pour le sexe (SEXE = 1 pour les femmes). Enfin, deux variables régionales muettes sont introduites : la première pour la région de Montréal (MONTREAL) et la seconde pour la région du Bas du Fleuve (BASDUFLV); la référence étant la région de Québec.

Equations de salaire espéré du marché irrégulier Les variables instrumentales utilisées dans les équations de salaire du marché irrégulier sont les suivantes : l'âge (AGE), l'âge au carré (AGE2), l'âge au cube (AGE3), une variable muette pour le sexe (SEXE = 1 pour les femmes), deux variables muettes pour la région de Montréal (MONTREAL) et la région du Bas du Fleuve (BASDUFLV), et enfin une variable pour le niveau de scolarité (ANSCOL), qui est élevée au carré (ANSCOL2), puis au cube (ANSCOL3). Il convient de noter que ces mêmes variables sont utilisées pour l'équation au carré du salaire espéré irrégulier.

Revenu hors-travail virtuel Le revenu hors-travail virtuel est défini comme la somme des salaires et traitements, des revenus d'intérêts et de dividendes, des gains nets en capital, des pensions alimentaires, des pensions de vieillesse et prestations de régime de retraite, ainsi que des revenus des divers programmes de transfert (assurance-chômage, aide sociale,

allocations familiales, allocations de formation...). Il inclut également une correction pour la non-linéarité de la contrainte budgétaire⁵.

Les variables instrumentales utilisées dans l'équation du revenu hors-travail "virtuel" sont les suivantes : l'âge (AGE), l'âge au carré (AGE2), une variable muette pour le sexe (SEXE = 1 pour les femmes), une variable muette pour la région de Montréal (MONTREAL) et une pour la région du Bas-du-Fleuve (BASDUFLV), la scolarité (ANSCOL), la scolarité au carré (ANSCOL2), un polynome croisant l'âge et la scolarité (AGESCOL) et ce même polynome au carré (AGECOL2).

4 Résultats empiriques

Les paramètres de la fonction d'utilité quadratique sont obtenus par maximisation de la fonction de vraisemblance, comme nous l'avons mentionné plus haut. Les résultats de l'estimation sont présentés dans le tableau 5. Les estimateurs des paramètres sont compatibles avec une fonction d'utilité concave puisque les conditions globales de second ordre sont satisfaites⁶.

⁵Se reporter à l'équation 38.

⁶Se reporter à l'équation (29).

Paramètres	Coefficients	Ecart-type
α_5	0.25	-
β_{11}	-0.5257	0.035
β_{12}	-0.3389	0.017
β_{13}	-0.0987	0.006
β_{22}	-0.2823	0.015
β_{23}	-0.1077	0.017
β_{33}	-0.1557	0.003

Marché officiel			Marché non-officiel		
Paramètres	Coefficients	Ecart-type	Paramètres	Coefficients	Ecart-type
Heures déclarées			Heures non-déclarées		
α_1	0.5784	0.046	α_2	-2.4515	0.043
Nb de pers. dans le ménage	0.0271	0.009	Nb de pers. dans le ménage	0.0159	0.005
Enfants (< 6ans)	-0.0040	0.012	Enfants (< 6ans)	-0.0020	0.007
Personne seule	0.1440	0.031	Personne seule	0.1037	0.015
Conjoint	0.2062	0.027	Conjoint	0.1014	0.014
Monoparent	0.1286	0.037	Monoparent	0.0719	0.019
Femme	-0.1041	0.018	Femme	-0.0461	0.018
Age	0.3485	0.088	Age	0.1124	0.085
			Proportion de travailleurs au noir dans l'entourage	0.0030	0.001
			Réaction de l'entourage	0.9948	0.013
			Moralité	-0.0016	0.004
Revenu hors-travail "virtuel"			Salaire espéré irrégulier		
Constante	0.2154	0.148	Constante	-2.2059	0.094
Age	0.1690	0.393	Age	4.1547	0.828
Age ²	0.0263	0.029	Age ²	-1.4446	0.255
Années de scolarité	0.2454	0.209	Age ³	1.2676	0.243
Années de scolarité ²	-0.1378	0.875	Années de scolarité	2.2584	0.265
Age*scolarité	-0.6699	0.420	Années de scolarité ²	-2.1355	0.357
Age*scolarité ²	0.5244	0.183	Années de scolarité ³	0.6180	0.121
Femme	-0.0152	0.011	Femme	0.0098	0.016
Montréal	0.0271	0.009	Montréal	-0.0553	0.007
Bas-du-fleuve	-0.0052	0.011	Bas-du-fleuve	-0.0775	0.011
Salaire net régulier			Salaire espéré irrégulier ²		
Constante	0.1352	0.110	Constante	-3.0925	0.478
Age	1.1191	0.390	Age	4.5652	3.671
Age ²	-0.1284	0.043	Age ²	-1.7337	1.157
Années de scolarité	0.0586	0.067	Age ³	1.5732	1.030
Années de scolarité ²	-0.0303	0.148	Années de scolarité	3.6846	2.389
Femme	-0.0376	0.014	Années de scolarité ²	-3.8061	2.154
Montréal	0.0144	0.013	Années de scolarité ³	1.1038	0.647
Bas-du-fleuve	-0.0282	0.016	Femme	0.0008	0.046
			Montréal	-0.0988	0.040
			Bas-du-fleuve	-0.0895	0.069
Log-Vraisemblance			-8 143.6		
Nb d'observations			4489		

Estimation de la fonction d'utilité quadratique

Les paramètres associés aux variables de contrôle reflètent les effets de ces variables sur l'utilité marginale des heures de travail sur le marché correspondant.

Les variables de contrôle du travail régulier et du travail non-régulier ont le signe généralement attendu. Ainsi, le paramètre associé à la variable NBMEM (nombre de personnes dans le ménage) est positif, de sorte que l'utilité marginale du travail régulier et du travail non-régulier augmente avec la taille du ménage. La variable muette FEMME est négative, reflétant des taux de participation au marché du travail plus faibles pour les femmes. Le statut matrimonial affecte également positivement l'utilité marginale du travail sur les deux marchés. L'intensité au travail est plus élevée pour les personnes seules, les familles monoparentales et les couples comparativement aux personnes résidant chez leurs parents ou chez un proche. En revanche, la variable NBENF_6 (nombre d'enfants en-dessous de 6 ans) n'est pas significative. Néanmoins, ce résultat peut être dû au fait que nous contraignons

les paramètres à être les mêmes pour les hommes et pour les femmes. Or, il se peut qu'à l'intérieur du ménage, la présence d'enfants en âge pré-scolaire ait un effet différent sur chacun des conjoints. Elle pourrait affecter uniquement l'intensité au travail des femmes et rester sans effet pour les hommes, ou n'avoir qu'un effet marginal. La variable interactive FEM×ENF6 apporte un certain support empirique à cette idée. Celle-ci est significative et son signe négatif suggère que, pour les femmes, l'utilité marginale du travail décroît avec la présence d'enfants en bas âge. Il semblerait donc y avoir une certaine spécialisation des tâches au sein du ménage.

La variable PROPOREN⁷ affecte positivement l'utilité marginale du travail irrégulier. Cette variable caractérise l'impact du voisinage sur la décision de travailler irrégulièrement et sur l'intensité de l'activité irrégulière. En l'occurrence, il semble que le choix des heures de travail irrégulières soit influencé par le comportement des proches de l'individu. Il est, en effet, souvent avancé que le travail irrégulier se développe au sein d'un réseau de relations très denses. Par ailleurs, les membres d'un même groupe social tendent à se comporter de façon similaire (Manski, 2000). Le groupe auquel l'individu appartient représente alors non seulement un bassin d'emplois potentiels non négligeable, mais génère également davantage de tolérance à l'égard des activités irrégulières. Autrement dit, un milieu constitué de nombreux travailleurs irréguliers a tendance à inciter ses membres à exercer le même type d'activités et, par un effet de réseau, conduit à la fois à l'accroissement des opportunités d'emploi sur ce marché et à la levée d'éventuelles réticences à l'égard des activités frauduleuses.

Ce résultat confirme l'hypothèse d'interdépendance des comportements individuels pour laquelle les préférences individuelles sont affectées par le comportement des autres individus (Aronsson *et al.*, 1999). L'individu interagit avec son environnement lors de ses prises de décision et les interactions sociales parmi les membres d'un groupe sont de nature à conditionner le choix de l'activité.

De même, l'approbation d'une activité irrégulière de la part de l'entourage (variable REACT) accroît l'utilité marginale de cet emploi. Alors qu'un certain opprobre social peut être associé aux emplois irréguliers, notamment pour les non participants, une attitude moins négative à l'égard de ces activités peut motiver leur choix. Les préférences individuelles en termes d'heures de travail régulier et irrégulier sont donc influencées par le comportement et l'approbation des membres du groupe auquel l'individu appartient.

Concernant les équations de salaire, il est intéressant de noter que la plupart des variables explicatives ont le signe intuitivement attendu. Les résultats obtenus sont également conformes à ce qui est observé dans la littérature standard sur les salaires (Mincer, 1974).

Ainsi, les fonctions de salaire sur le marché régulier et sur le marché irrégulier sont concaves par rapport à l'âge, comme en témoigne le signe positif du paramètre associé à l'âge, et le signe négatif associé à cette variable au carré.

⁷Evaluation subjective de la proportion de travailleurs irréguliers dans l'entourage.

La même concavité est observée par rapport au niveau d'éducation. Il existe, sur chacun des deux marchés, une relation positive entre le diplôme et la rémunération, mais la rentabilité de l'éducation est à rendements décroissants. Une nouvelle fois, nous retrouvons un des résultats standards de la littérature du capital humain.

Par ailleurs, des différences salariales défavorables aux femmes apparaissent sur le marché régulier. Le paramètre associé à cette variable est, en effet, négatif, reflétant que celles-ci bénéficient de rémunérations inférieures à leurs congénères. Un résultat intéressant est que cette variable n'est pas significative au niveau de l'équation de salaire associé au marché irrégulier. La discrimination en termes de salaire dont souffrent habituellement les femmes n'est, par conséquent, pas présente sur le marché irrégulier.

Enfin, les variables régionales nous permettent d'identifier les zones où les emplois sont les plus rémunérateurs. Ainsi, la région de Montréal est celle qui offre les rémunérations les plus élevées sur le marché régulier alors que, sur le marché irrégulier, les salaires les plus importants sont versés dans la région de Québec. Mais, dans tous les cas, les emplois réguliers et irréguliers obtenus dans la région du Bas-du-Fleuve sont plus faibles.

5 Conclusion

Dans ce papier, nous avons examiné la relation entre la fiscalité, le comportement de l'entourage et la décision de travailler sur le marché régulier et/ou le marché irrégulier.

Un modèle théorique et empirique d'offre de travail a été développé dans lequel nous supposons que l'individu maximise son espérance d'utilité. Nous supposons également que ses préférences sont représentées par une fonction d'utilité quadratique. Le choix de cette forme fonctionnelle a été motivé par le fait qu'elle permet d'imposer un minimum de structure aux préférences individuelles. Elle est suffisamment flexible, en effet, pour que la séparabilité additive et la substituabilité parfaite entre les heures de travail régulier et irrégulier soient des cas particuliers. Elle présente, en outre, l'avantage de faciliter les estimations dans la mesure où les fonctions d'utilités marginales nettes qui en découlent sont linéaires dans les paramètres.

Notre modèle inclut non seulement les heures de travail régulier et irrégulier, les salaires obtenus sur ces deux marchés, mais également le revenu virtuel hors-travail. De ce fait, il tient compte des non-linéarités dues à la fois au système fiscal et aux programmes sociaux. Notre modèle est alors constitué par un système de six équations simultanées non-linéaires. Les estimations des paramètres de la fonction d'utilité sont obtenus par la méthode du maximum de vraisemblance à information complète. Cette approche économétrique nous permet d'obtenir des estimateurs asymptotiquement convergents de la matrice de variance-covariance des coefficients estimés du modèle.

Les estimations sont permises grâce à l'exploitation d'une base de données individuelles, réalisée au Canada, particulièrement riche. Celle-ci comporte notamment de nombreuses informations quant à la perception subjective du risque associé aux activités irrégulières. Ces informations sont d'autant plus primordiales que l'on doit s'attendre à ce que les in-

dividus décident de participer au marché irrégulier, non pas en fonction des risques réels (difficilement appréciables), mais davantage en fonction de l'idée qu'ils s'en font.

A ce propos, il convient de noter que les travailleurs irréguliers peuvent être amenés à sous-estimer la probabilité de détection et le montant de l'amende de façon à limiter le stress inhérent à leur activité. De ce point de vue, nous sommes confrontés à un problème de dissonance cognitive (Akerlof *et al.*, 1982). En effet, les individus peuvent manipuler leurs croyances pour les mettre en conformité avec leurs désirs. Par conséquent, l'évaluation par l'individu du risque encouru est endogène. Or, l'approche économétrique que nous avons développée tient compte de l'endogénéité des variables subjectives de probabilité de détection et d'amende.

Un autre aspect spécifique au papier repose sur la prise en compte d'un effet de voisinage. Celui-ci est appréhendé au travers d'une variable subjective d'évaluation de la proportion de travailleurs irréguliers dans l'entourage de l'individu. Cette variable nous permet de caractériser l'interdépendance des comportements en matière de choix d'activité. Nos résultats montrent, en effet, que l'individu interagit avec son environnement lors de ses prises de décision et que les interactions sociales parmi les membres du groupe auquel il appartient conditionnent le choix de l'activité irrégulière. Ainsi, les préférences individuelles en termes d'heures de travail sont influencées par le type d'activité exercé par l'entourage de l'individu et par l'approbation de ses proches.

Nos résultats témoignent, par ailleurs, d'une certaine similitude entre les marchés régulier et irrégulier du travail. En effet, les rémunérations salariales sur chacun des deux marchés augmentent avec l'âge, mais à un taux décroissant. De même, la rentabilité de l'éducation a des rendements décroissants à la fois sur le marché régulier et sur le marché irrégulier. Nous retrouvons ici les résultats standards de la littérature sur le capital humain et les salaires.

En outre, l'utilité marginale du travail sur les deux marchés augmente avec la taille du ménage, de sorte que les contraintes financières incitent tout autant les individus à travailler sur le marché régulier que sur le marché irrégulier.

Nous constatons, en revanche, des divergences non négligeables entre les deux marchés du travail. Ainsi, la discrimination salariale dont semblent souffrir les femmes sur le marché régulier n'est pas significative sur le marché irrégulier. En effet, alors celles-ci sont moins rémunérées que les hommes sur le marché régulier, il ne semble pas y avoir de différences salariales entre les hommes et les femmes sur le marché irrégulier. De même, la répartition géographique des niveaux de rémunérations est différente selon les deux marchés. Les salaires du marché régulier les plus élevés sont concentrés dans la région de Montréal, alors que ceux du marché irrégulier sont davantage situés dans la région de Québec. Toutefois, le clivage entre les zones urbaines et rurales restent très marqués.

En définitive, la méthode économétrique mise en oeuvre pour estimer notre modèle nous a permis d'apprécier la complexité de l'interaction entre les deux marchés du travail. Toutefois, certaines dimensions ont probablement été négligées. Parmi celles-ci, on peut penser aux rigidités institutionnelles du marché régulier. Il serait, en effet, intéressant d'examiner en quoi les contraintes réglementaires du marché régulier peuvent conduire les individus sur le marché irrégulier.

Enfin, il conviendrait également de prolonger l'analyse des interdépendances comporte-

mentales. Celle-ci pourrait notamment viser à constituer des variables de groupes sociaux de référence, selon la méthodologie adoptée par Aronsson *et al.* (1999). Une telle approche permettrait notamment de contourner le problème de dissonance cognitive associée aux variables subjectives d'évaluation de la proportion de travailleurs irréguliers.

References

- [1] Akerlof G.A., Dickens W.T (1982), "The Economic Consequences of Cognitive Dissonance", *The American Economic Review*, vol.72, 3, 307-319.
- [2] Allingham et Sandmo (1972), "Income Tax Evasion : a Theoretical Analysis. *Journal of Public Economics*, 1, 323-338.
- [3] Agnar Sandmo (1981), "Income tax evasion, labour supply and the equity-efficiency tradeoff", *Journal of Public Economics*, 16, 265-288.
- [4] Aronsson T., Blomquist S. et Sacklen H. (1999), "Identifying Interdependent Behaviour in an Empirical Model of Labour Supply", *Journal of Applied Econometrics*, 14, 607-626.
- [5] Baldry (1986), " Tax Evasion is not a Gamble", *Economics Letters*, 3, 53-56.
- [6] Blundell R.W. et Smith R.J. (1989), "Estimation in a Class of Simultaneous Equation Limited Dependent Variable Models", *Review of Economic Studies*, vol.56, 1, 37-57.
- [7] Bound J., Jaeger D.A. et Baker R.M. (1995), "Problems with Instrumental Variables Estimation When the Correlation Between the Instruments and the Endogenous Explanatory Variable is Weak", *Journal of American Statistical Association*, vol.90, 430, 443-450.
- [8] Brock W.A et Durlauf S.N (2000), "Discrete Choice and Social Interactions", *Review of Economic Studies*, vol.68, 2, 235-236.
- [9] Brock W.A et Durlauf S.N (2000), *Interactions-Based Models*, Cambridge Mass. NBER.
- [10] Chiappori, Fortin et Lacroix (2002), " Marriage Market, Divorce Legislation and Household Labor Supply", *Journal of Political Economy*, vol.110, 1, 37-72.
- [11] Cogan J. (1981), "fixed Costs and Labor Supply", *Econometrica*, 49, 945-964.
- [12] Cowell F.A. (1985), "Tax Evasion with Labor Income", *Journal of Public Economics*, 26, 19-35.
- [13] Fortin B., Garneau G., Lacroix G., Lemieux T. et Montmarquette C. (1996). *L'économie souterraine au Québec : Mythes et réalités*. Sainte-Foy : Presses de l'Université Laval.
- [14] Lacroix G, Fortin B. (1992), "Utility-Based Estimation of Labour Supply Functions in the Regular and Irregular Sectors", *The Economic Journal*, 102, pp.1407-1422.

- [15] Hall (1973), " Wages, Income and Hours of Work in the U.S. Labor Force" , in *Income Maintenance and Labor Supply*, G. Cain et H. Watts eds. Chicago : Markham.
- [16] Hanson (1985), "Tax Evasion and Government Policy" , in *The Economics of the Shadow Economy*, W.Gaertner et A.Wenig eds, New-York : Springer-Verlag.
- [17] Hausman J. (1981), "Labor Supply", in *How Taxes affect Economic Behavior*, ed. H.Aaron et J.Pechman. Washington, D.C. : Brookings Institution.
- [18] Hausman J. (1980), "The Effects of Wages, Taxes and fixed Costs on Women's Labor Force Participation", *Journal of Public Economics*, 14,161-194.
- [19] Hausman J.A., Newey W.K., Taylor W.E. (1987), "Efficient Estimation and Identification of Sfmultaneous Equation Models with Covariance Restrictions", *Econometrica*, vol.55, 4, 849-874.
- [20] Judge G.G., Griffiths W.E., Carter-Hill R. et Lee Tsoung Chao (1980). *The Theory and Practice of Econometrics*. Wiley, New-York.
- [21] Kelejan H.H. (1971), "Two-Stage Least Squares and Econometric Systems Linear in Parameters but Nonlinear in the Endogenous Variables", *Journal of the American Statistical Association*, 66, 334, 373-374.
- [22] Lacroix G. (1990). *Un modèle microéconométrique de l'offre de travail sur les marchés réguliers et au noir*. Thèse de Doctorat, Université Laval, Québec.
- [23] Lemieux T, Fortin B. et Fréchette P. (1994), "The Effects of Taxes on Labor Supply in the Underground Economy", *American Economic Review*, 84, 231-254.
- [24] Manski C.F. (2000), "Economic Analysis of Social Interactions", *Journal of Economic Perspectives*, vol.14, 3, 115-136.
- [25] Manski C.F. (1995), "Identification of Anonymous Endogenous Interactions", in *The Economy as an Evolving Complex System II*. B. Arthur, S. Durlauf et D. Lane, eds Reading, Mass.: Addison-Welsey.
- [26] McDonald J.F. et Moffit R.A. (1980), "The Uses of Tobit Analysis", *The Review of Economics and Statistics*, vol.62, 2, 318-321.
- [27] Mincer Jacob (1974). *Schooling, experience and earnings*. N.Y., Columbia University Press.
- [28] Moffitt R.A. (2000), "Policy Interactions, Low-level Equilibria and Social Interactions", Forthcoming, in *Social Dynamics*, eds. Steven Durlauf et Peyton Young, MIT Press.
- [29] Moffitt R. (1984), "The Estimation of a Joint Wage-Hours Labor Supply Model", *Journal of Labor Economics*, vol.2, 4, 550-566.
- [30] Moffitt R. (1983), "An Economic Model of Welfare Stigma", *American Economic Review*, 73, 1023-1035.

- [31] Mroz T.A. (1987), "The Sensitivity of an Empirical Model of a Married Women's hours of work to economic and statistical assumptions", *Econometrica*, vol.55, 4, 765-799.
- [32] Newey W.K. (1990), "Efficient Instrumental Variables Estimation of Nonlinear Models", *Econometrica*, vol.58, 4, 809-837.
- [33] Pagan A. (1984), "Econometric Issues in the Analysis of Regressions with Generated Regressors", *International Economic Review*, 25, 221-247.
- [34] Phaneu D.J., Kling C.L. et herriges J.A. (2000), "Estimation and Welfare Calculations in a Generalized Corner Solution Model with an Application to Recreation Demand", *The review of Economics and Statistics*, vol.82, 1, 83-92.
- [35] Ransom M.R. (1987), "An empirical model of discrete and continuous choice in family labor supply", *The Review of Economics and Statistics*, vol.69, 3, 465-472.
- [36] Rosen H.S. (1976), "Taxes in a labor supply model with joint wage-hours determination", *Econometrica*, vol.44, 3, 485-507.
- [37] Stern (1986), "On the specification of labor supply functions", in *Unemployment, Search and Labour Supply*, R.Blundell et I.Walker eds. Cambridge : Cambridge University Press, 143-189.
- [38] Woittiez I., Kapteyn A. (1998), "Social interactions and habit formation in a model of female labour supply", *Journal of Public Economics*, 70, 185-205.
- [39] Yitzakhi S. (1974), "A note on income tax evasion", *Journal of Public Economics*, 3, 201-202.

Annexe 1. Les fonctions d'offre de travail du modèle non contraint

Dans le **régime 1**, les fonctions d'offre de travail sont obtenues en posant:

$$\begin{aligned} m_1(h_1, h_2, w_1, w_2, z) = & \bar{\alpha}_1 + X'_1 \delta_1 + \alpha_3 w_1 + \beta_{11} h_1 + \beta_{12} h_2 \\ & + \beta_{13}(y^v + 2w_1 h_1 + h_2 E w_2) + \beta_{23} w_1 h_2 \\ & + \beta_{33} w_1 (y^v + w_1 h_1 + h_2 E w_2) + \varepsilon_1 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_2(h_1, h_2, w_1, w_2, z) = & \bar{\alpha}_2 + X'_2 \delta_2 + \alpha_3 E w_2 + \beta_{12} h_1 \\ & + \beta_{13} h_1 E w_2 + \beta_{22} h_2 + \beta_{23}(y^v + w_1 h_1 + 2h_2 E w_2) \\ & + \beta_{33}[(y^v + w_1 h_1) E w_2 + h_2 E w_2^2] + \varepsilon_2 = 0 \end{aligned}$$

et en résolvant pour h_1 et h_2 . Les fonctions d'offre de travail associées à ce régime sont les suivantes:

$$h_1 = \frac{\gamma \zeta_1 - \gamma \varepsilon_1 - \beta \zeta_2 + \beta \varepsilon_2}{(\alpha \gamma - \beta^2)} \quad (\text{A.1})$$

$$h_2 = \frac{-\beta \zeta_1 + \beta \varepsilon_1 + \alpha \zeta_2 - \alpha \varepsilon_2}{(\alpha \gamma - \beta^2)} \quad (\text{A.2})$$

où

$$\begin{aligned} \alpha &= \beta_{11} + 2\beta_{13} w_1 + \beta_{33} w_1^2 \\ \beta &= \beta_{12} + \beta_{13} E w_2 + \beta_{23} w_1 + \beta_{33} w_1 E w_2 \\ \gamma &= \beta_{22} + 2\beta_{23} E w_2 + \beta_{33} E w_2^2 \\ \zeta_1 &= -\bar{\alpha}_1 - X'_1 \delta_1 - \alpha_3 w_1 - \beta_{13} y^v - \beta_{33} y^v w_1 \\ \zeta_2 &= -\bar{\alpha}_2 - X'_2 \delta_2 - \alpha_3 E w_2 - \beta_{23} y^v - \beta_{33} y^v E w_2 \end{aligned}$$

De plus, en posant $h_2 = 0$ dans (24), nous obtenons:

$$\begin{aligned} m_1(h_1, 0, w_1, w_2, z) = & \bar{\alpha}_1 + X'_1 \delta_1 + \alpha_3 w_1 + \beta_{11} h_1 + \beta_{33} w_1 (y^v + w_1 h_1) + \varepsilon_1 = 0 \quad \text{et} \\ m_2(h_1, 0, w_1, w_2, z) = & \bar{\alpha}_2 + X'_2 \delta_2 + \alpha_3 E w_2 + \beta_{12} h_1 \\ & + \beta_{33}(y^v + w_1 h_1) E w_2 + \varepsilon_2 \leq 0 \end{aligned}$$

En résolvant pour h_1 , nous obtenons les fonctions d'offre contraintes associées au **régime 2**:

$$h_1 = \frac{\zeta_1 - \varepsilon_1}{\alpha} \quad (\text{A.3})$$

De même, en posant $h_1 = 0$ dans (25), nous obtenons:

$$\begin{aligned} m_2(0, h_2, w_1, w_2, z) = & \bar{\alpha}_2 + X'_2 \delta_2 + \alpha_3 E w_2 + \beta_{22} h_2 \\ & + \beta_{33}(y^v E w_2 + h_2 E w_2^2) + \varepsilon_2 = 0 \\ \text{et } m_1(0, h_2, w_1, w_2, z) = & \bar{\alpha}_1 + X'_1 \delta_1 + \alpha_3 w_1 + \beta_{12} h_2 \\ & + \beta_{33} w_1 (y^v + h_2 E w_2) + \varepsilon_1 \leq 0 \end{aligned}$$

En résolvant pour h_2 , nous obtenons la fonction d'offre contrainte associée au **régime 3**:

$$h_2 = \frac{\zeta_2 - \varepsilon_2}{\gamma} \quad (\text{A.4})$$

Annexe 2. Les fonctions d'offre de travail du modèle contraint

Dans le régime 1, les fonctions d'offre de travail sont obtenues en posant:

$$\begin{aligned} m_1(h_1, h_2, w_1, w_2, z) &= \tilde{\gamma}_1 + \gamma_2 w_1 + \delta_{11} h_1 + \delta_{11} h_2 \\ &+ \delta_{12}(y^v + w_1 h_1 + h_2 E w_2) + \delta_{12} w_1 h_2 \\ &+ \delta_{22} w_1 (y^v + w_1 h_1 + h_2 E w_2) + \mu_1 = 0 \end{aligned} \quad (\text{B.1})$$

$$\begin{aligned} m_2(h_1, h_2, w_1, w_2, z) &= \tilde{\gamma}_1 + \gamma_2 E w_2 + \delta_{11} h_2 + \delta_{11} h_1 \\ &+ \delta_{12} h_1 E w_2 + \delta_{12}(y^v + w_1 h_1 + h_2 E w_2) \\ &+ \delta_{22} E w_2 (y^v + w_1 h_1 + h_2 E w_2) + \mu_2 = 0 \end{aligned} \quad (\text{B.2})$$

et en résolvant pour h_1 et h_2 ⁸. Les fonctions d'offre de travail associées à ce régime sont les suivantes:

$$h_1 = \frac{\gamma \zeta_1 - \gamma \mu_1 - \beta \zeta_2 + \beta \mu_2}{(\alpha \gamma - \beta^2)} \quad (\text{B.3})$$

$$h_2 = \frac{-\beta \zeta_1 + \beta \mu_1 + \alpha \zeta_2 - \alpha \mu_2}{(\alpha \gamma - \beta^2)} \quad (\text{B.4})$$

où $\alpha = \delta_{11} + \delta_{12} w_1 + \delta_{22} w_1^2$
 $\beta = \delta_{11} + \delta_{12} E w_2 + \delta_{12} w_1 + \delta_{22} w_1 E w_2$
 $\gamma = \delta_{11} + \delta_{12} E w_2 + \delta_{22} E w_2^2$
 $\zeta_1 = -\tilde{\gamma}_1 - \gamma_2 w_1 - \delta_{12} y^v - \delta_{12} w_1 y^v$
 $\zeta_2 = -\tilde{\gamma}_1 - \gamma_2 E w_2 - \delta_{12} y^v - \delta_{12} y^v E w_2$

De plus, en posant $h_2 = 0$ dans (B.1), nous obtenons:

$$m_1(h_1, 0, w_1, w_2, z) = \tilde{\gamma}_1 + \gamma_2 w_1 + \delta_{11} h_1 + \delta_{12}(y^v + w_1 h_1) + \delta_{22} w_1 (y^v + w_1 h_1) + \mu_1 = 0$$

et

$$\begin{aligned} m_2(h_1, 0, w_1, w_2, z) &= \tilde{\gamma}_1 + \gamma_2 E w_2 + \delta_{11} h_1 + \delta_{12} h_1 E w_2 + \delta_{12}(y^v + w_1 h_1) \\ &+ \delta_{22} E w_2 (y^v + w_1 h_1) + \mu_2 \leq 0 \end{aligned}$$

En résolvant pour h_1 , nous obtenons les fonctions d'offre contraintes associées au **régime 2**:

$$h_1 = \frac{\zeta_1 - \mu_1}{\alpha} \quad (\text{B.5})$$

De même, en posant $h_1 = 0$ dans (B.2), nous obtenons:

$$\begin{aligned} m_2(0, h_2, w_1, w_2, z) &= \tilde{\gamma}_1 + \gamma_2 E w_2 + \delta_{11} h_2 + \delta_{12} h_1 E w_2 + \delta_{12}(y^v + h_2 E w_2) \\ &+ \delta_{22} E w_2 (y^v + h_2 E w_2) + \mu_2 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{et } m_1(0, h_2, w_1, w_2, z) &= \tilde{\gamma}_1 + \gamma_2 w_1 + \delta_{11} h_2 + \delta_{12}(y^v + h_2 E w_2) + \delta_{12} w_1 h_2 \\ &+ \delta_{22} w_1 (y^v + h_2 E w_2) + \mu_1 \leq 0 \end{aligned}$$

En résolvant pour h_2 , nous obtenons la fonction d'offre contrainte associée au **régime 3**:

$$h_2 = \frac{\zeta_2 - \mu_2}{\gamma} \quad (\text{B.6})$$

⁸Dans les calculs qui suivent, nous imposons $\beta_{13} = \beta_{23} = 0$.

Annexe 3. Les équations de salaires

Dans le **régime 2**, l'individu travaille uniquement sur le marché régulier ($h_1 > 0$ et $h_2 = 0$). Nous observons alors uniquement le salaire obtenu sur le marché régulier:

$$\begin{aligned} w_1 &= X'_3 \Psi_1 + \varepsilon_4 \\ \varepsilon_5 &= Ew_2 - X'_4 \Psi_2 \\ \text{et } \varepsilon_6 &= Ew_2^2 - X'_6 \Psi_3 \end{aligned} \tag{C.1}$$

A l'inverse, dans le **régime 3**, l'individu travaille uniquement sur le marché irrégulier ($h_1 = 0$ et $h_2 > 0$). Par conséquent, nous observons uniquement le salaire de l'activité irrégulière:

$$\begin{aligned} \varepsilon_4 &= w_1 - X'_3 \Psi_1 \\ Ew_2 &= X'_4 \Psi_2 + \varepsilon_5 \\ \text{et } Ew_2^2 &= X'_6 \Psi_3 + \varepsilon_6 \end{aligned} \tag{C.2}$$

Enfin, dans le **régime 4**, l'individu ne travaille sur aucun marché ($h_1 = 0$ et $h_2 = 0$), de sorte que nous obtenons:

$$\begin{aligned} \varepsilon_4 &= w_1 - X'_3 \Psi_1 \\ \varepsilon_5 &= Ew_2 - X'_4 \Psi_2 \\ \text{et } \varepsilon_6 &= Ew_2^2 - X'_6 \Psi_3 \end{aligned} \tag{C.3}$$

Annexe 4. Dérivation des élasticités

Les conditions de premier ordre lorsqu'il y a une solution intérieure (régime 1) sur les deux marchés sont les suivantes :

$$\begin{aligned} m_1(h_1, h_2, w_1, w_2, z) &= \alpha_1 + \alpha_3 w_1 + \beta_{11} h_1 + \beta_{12} h_2 \\ &+ \beta_{13}(y + 2w_1 h_1 + h_2 Ew_2) + \beta_{23} w_1 h_2 \\ &+ \beta_{33} w_1 (y + w_1 h_1 + h_2 Ew_2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_2(h_1, h_2, w_1, w_2, z) &= \alpha_2 + \alpha_3 Ew_2 + \beta_{12} h_1 + \beta_{13} h_1 Ew_2 \\ &+ \beta_{22} h_2 + \beta_{23}(y + w_1 h_1 + 2h_2 Ew_2) \\ &+ \beta_{33}[(y + w_1 h_1)Ew_2 + h_2 Ew_2^2] \end{aligned}$$

En résolvant ces équations pour h_1 et h_2 , nous avons obtenu les équations d'offre de travail :

$$h_1 = \frac{\gamma \zeta_1 - \gamma \varepsilon_1 - \beta \zeta_2 + \beta \varepsilon_2}{(\alpha \gamma - \beta^2)}$$

$$h_2 = \frac{-\beta \zeta_1 + \beta \varepsilon_1 + \alpha \zeta_2 - \alpha \varepsilon_2}{(\alpha \gamma - \beta^2)}$$

où $\alpha = \beta_{11} + 2\beta_{13}w_1 + \beta_{33}w_1^2$

$$\beta = \beta_{12} + \beta_{13}Ew_2 + \beta_{23}w_1 + \beta_{33}w_1Ew_2$$

$$\gamma = \beta_{22} + 2\beta_{23}Ew_2 + \beta_{33}Ew_2^2$$

$$\zeta_1 = -\tilde{\alpha}_1 - X'_1 \delta_1 - \alpha_3 w_1 - \beta_{13} y^v - \beta_{33} y^v w_1$$

$$\zeta_2 = -\bar{\alpha}_2 - X_2' \delta_2 - \alpha_3 Ew_2 - \beta_{23} y^v - \beta_{33} y^v Ew_2$$

De là, nous pouvons dériver les expressions des pentes des heures sur chaque marché du travail par rapport aux salaires et au revenu virtuel hors-travail :

$$\frac{\partial h_1}{\partial w_1} = -\frac{1}{\Delta} \left[\begin{array}{c} \gamma(\alpha_3 + \beta_{33} y^v) + \zeta_2(\beta_{23} + \beta_{33} Ew_2) + \\ 2h_1 [\gamma(\beta_{13} + \beta_{33} w_1) + \beta_{33} \beta Ew_2 + \beta_{23}(\beta_{12} + \beta_{13} Ew_2)] \end{array} \right] \quad (D.1)$$

$$\frac{\partial h_1}{\partial y^v} = -\frac{1}{\Delta} [\gamma(\beta_{13} + \beta_{33} w_1) - \beta(\beta_{23} + \beta_{33} Ew_2)] \quad (D.2)$$

$$\frac{\partial h_2}{\partial w_1} = \frac{1}{\Delta} \left[\begin{array}{c} \beta(\alpha_3 + \beta_{33} y^v) + 2\zeta_2(\beta_{13} + \beta_{23} w_1) - \zeta_1(\beta_{23} + \beta_{33} Ew_2) \\ -2h_2 \left[\begin{array}{c} \beta(\beta_{23} + \beta_{33} Ew_2) + \gamma(\beta_{13} + \beta_{33} w_1) \\ + 2\beta_{23} \beta_{33} w_1 Ew_2 \end{array} \right] \end{array} \right] \quad (D.3)$$

$$\frac{\partial h_2}{\partial y^v} = \frac{1}{\Delta} [\beta(\beta_{13} + \beta_{33} w_1) - \alpha(\beta_{23} + \beta_{33} Ew_2)] \quad (D.4)$$

où $\Delta = (\alpha\gamma - \beta^2)$.

Le deuxième régime regroupe les individus pour lesquels $h_1 > 0$ et $h_2 = 0$. Dans ce cas, les heures de travail sur le marché régulier sont données par :

$$h_1 = \frac{\zeta_1 - \mu_1}{\alpha}$$

Les dérivées partielles sont les suivantes :

$$\frac{\partial h_1}{\partial w_1} = -\frac{(\alpha_3 + \beta_{33} y^v)\alpha + 2(\beta_{13} + \beta_{33} w_1)(\zeta_1 - \mu_1)}{\alpha^2} \quad (D.9)$$

$$\frac{\partial h_1}{\partial y^v} = \frac{-\beta_{13} - \beta_{33} w_1}{\beta_{11} + 2\beta_{13} w_1 + \beta_{33} w_1^2} = -\frac{\beta_{13} + \beta_{33} w_1}{\alpha} \quad (D.10)$$

Le troisième régime est symétrique au deuxième. Les individus ne travaillent que sur le marché non-régulier (i.e. $h_1 = 0$ et $h_2 > 0$). Les heures de travail irrégulières sont alors données par :

$$h_2 = \frac{\zeta_2 - \mu_2}{\gamma}$$

Les dérivées partielles sont :

$$\frac{\partial h_2}{\partial Ew_2} = \frac{(\alpha_3 + \beta_{33} y^v)\gamma + 2(\beta_{23} + \beta_{33} Ew_2)(\zeta_2 - \mu_2)}{\gamma^2} \quad (D.11)$$

$$\frac{\partial h_2}{\partial y^v} = \frac{-\beta_{23} - \beta_{33}}{\beta_{22} + 2\beta_{23} Ew_2 + \beta_{33} Ew_2^2} = -\frac{\beta_{23} + \beta_{33}}{\gamma} \quad (D.12)$$